



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 38 037 A 1

51 Int. Cl. 7:
F 02 D 41/22
F 02 D 41/34

21 Aktenzeichen: 199 38 037.6
22 Anmeldetag: 12. 8. 1999
43 Offenlegungstag: 11. 5. 2000

DE 199 38 037 A 1

30 Unionspriorität:
10-227834 12. 08. 1998 JP
71 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP
74 Vertreter:
Beetz und Kollegen, 80538 München

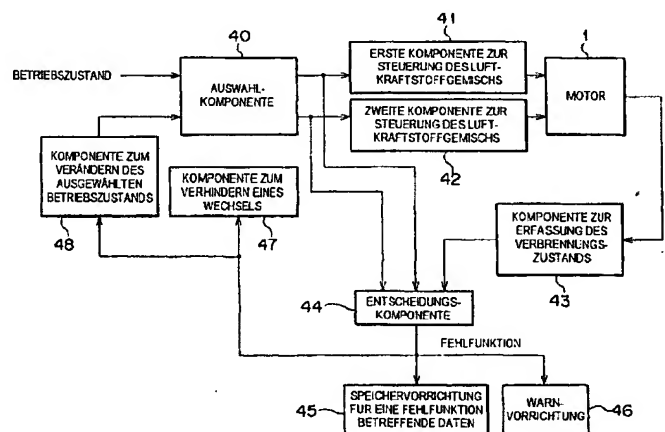
72 Erfinder:
Takaku, Yutaka, Mito, Ibaraki, JP; Ishii, Toshio,
Moto, Ibaraki, JP; Nogi, Toshiharu, Hitachinaka,
Ibaraki, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Diagnose-System für einen Motor

57 Ein Diagnose-System für einen Motor diagnostiziert Fehlfunktionen, die in einem Motor mit Direkteinspritzung auftreten, bei dem Kraftstoff in Brennkammern eines Motors mit einer mageren Verbrennung eingespritzt wird. Durch die vorliegende Erfindung wird ein Diagnose-System für einen Motor (1) geschaffen, das zur Diagnose von Fehlfunktionen einer Komponenten zur Intensivierung eines Ansaugluftstroms und einer Komponenten zur Zufuhr von Kraftstoff und zur Spezifikation eines fehlerhaft arbeitenden Teils geeignet ist, ohne von den Unterschieden zwischen verschiedenen Motoren, den Qualitätsunterschieden zwischen Teilen und dem Alterungsprozeß beeinträchtigt zu werden. Das Diagnose-System für einen Motor umfaßt: eine Auswahlkomponente (40) zur Auswahl entweder einer ersten Komponente (41) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder einer zweiten Komponente (42) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs entsprechend dem Betriebszustand eines Motors (1), eine Komponente (43) zur Erfassung des Verbrennungszustands des Motors und eine Entscheidungskomponente (44) zur Feststellung einer Fehlfunktion auf der Grundlage eines von der Komponente (43) zur Erfassung des Verbrennungszustands in einem Zustand, in dem von der Auswahlkomponente (40) die erste Komponente (41) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, erfaßten ersten Verbrennungszustands und eines von der Komponente (43) zur Erfassung des Verbrennungszustands in einem Zustand, in dem von der ...



DE 199 38 037 A 1

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Diagnose-System für einen Verbrennungsmotor und insbesondere ein Diagnose-System für einen Verbrennungsmotor, das für eine Diagnose bei einem Motor mit Direkteinspritzung, bei dem der Kraftstoff direkt in Brennkammern eingespritzt wird, oder einem Motor mit magerer Verbrennung geeignet ist.

Techniken zur Verwendung eines mageren Gemischs mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis, das größer als das theoretische Luft-/Kraftstoffverhältnis, d. h. das stöchiometrische Luft-/Kraftstoffverhältnis, ist, wurden mit der zunehmend steigenden Strenge von Umweltschutzbestimmungen und einer wachsenden Tendenz zum Umweltschutz durch Verringerung des Kraftstoffverbrauchs von Motoren vorherrschend. Benzinmotoren sind klassifiziert in solche mit einem Ansaugschlitzz-Injektionssystem, durch das Kraftstoff in den Ansaugschlitzz injiziert wird, um ein Luft-Kraftstoffgemisch mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis im Bereich von ca. 20 bis 25 für eine magere Verbrennung zuzuführen, und solche mit einem (nachstehend als "Zylinderinjektionssystem" bezeichneten) direkten Kraftstoffinjektionssystem, durch das Kraftstoff direkt in die Brennkammer injiziert wird, um ein sehr mageres Luft-Kraftstoffgemisch mit einem Luft-Kraftstoffverhältnis von ca. 40 bis 50 zuzuführen. Der Kraftstoffverbrauch des Motors mit magerer Verbrennung ist niedrig, daß ein Pumpverlust und eine Wärmediffusion bei dem Motor mit magerer Verbrennung gering sind.

Das Ansaugschlitzz-Injektionssystem fördert beispielsweise die Mischung von Kraftstoff und Luft durch positives Erzeugen von Verwirbelungen der angesaugten Luft durch eine Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms, wie ein wirbelbildendes Ventil, um eine magere Verbrennung zu stabilisieren. Das Zylinderinjektionssystem lokalisiert unter Verwendung einer Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms, wie eines Wirbelsteuerventils oder eines Umwälzsteuerventils, und geeignetes Bestimmen der Form eines Hohlraums über dem Kolben zum Ermöglichen einer sehr mageren Verbrennung die Verteilung des Kraftstoffs in dem Zylinder derart, daß die Kraftstoffkonzentration des Luft-Kraftstoffgemischs um die Zündkerze durch aktives Erzeugen eines Luftstroms durch geeignetes Bestimmen des Kraftstoffinjektionszeitpunkts gesteigert wird.

Bei dem Ansaugschlitzz-Injektionssystem wird dem Motor in einem Betriebsmodus, der eine verhältnismäßig geringe Leistung erfordert, ein mageres Luft-Kraftstoffgemisch für eine magere Verbrennung und in einem Betriebsmodus, der eine hohe Leistung erfordert, ein stöchiometrisches oder fettes Luft-Kraftstoffgemisch zugeführt. Bei dem Zylindereinspritzsystem wird in einem Betriebsmodus, der eine verhältnismäßig geringe Leistung erfordert, der Kraftstoff für eine Schichtverbrennung in den Zylinder des Motors eingespritzt, und der Kraftstoff wird derart in den Zylinder des Motors eingespritzt, daß in dem Zylinder in einem Betriebsmodus, der eine höhere Leistung erfordert, für eine magere Verbrennung, bei der ein Luft-Kraftstoffgemisch mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis im Bereich von ca. 20 bis 25 verwendet wird, für eine stöchiometrische Verbrennung oder für eine fette Verbrennung ein homogenes Luft-Kraftstoffgemisch erzeugt wird. Bei dem Ansaugschlitzz-Injektionssystem wird entsprechend dem Betriebszustand des Motors ein homogenes Luft-Kraftstoffgemisch oder ein homogenes stöchiometrisches Luft-Kraftstoffgemisch zugeführt. Bei dem Zylinderinjektionssystem wird entsprechend dem Betriebszustand des Motors ein geschichtetes mageres Luft-Kraftstoffgemisch, ein homogenes mageres Luft-

Kraftstoffgemisch oder ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoffgemisch zugeführt.

Eine magere Verbrennung wird durch eine Einrichtung zur Zufuhr eines Luft-Kraftstoffgemischs mit der Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms und der Einrichtung zur Zufuhr des Kraftstoffs realisiert. Wenn diese Einrichtungen nicht ordnungsgemäß funktionieren, tritt eine instabile Verbrennung auf. Wenn eine instabile Verbrennung auftritt, wird ein Teil des Kraftstoffs nicht verbrannt, der rohe Kraftstoff wird ausgestoßen, und die Konzentration an schädlichen Gasen, wie die Co- und NOx-Konzentration, des Abgases steigt an. Wenn die Konzentration an schädlichen Gasen in dem aus dem Motor ausgestoßenen Abgas außergewöhnlich hoch ist, kann die im Auspuffsystem enthaltene Einrichtung zur Reinigung des Abgases, wie ein Katalysator, das Abgas nicht zufriedenstellend reinigen. Dem entsprechend wird eine gesteigerte Menge an schädlichen Gasen in die Atmosphäre abgegeben, aufgrund einer Drehmomentschwankung werden Vibrationen erzeugt, der Katalysator wird aufgrund der Verbrennung des nicht verbrannten Gases im Katalysator verbrannt, und die Kraftstoffverbrauchsrate steigt. Die Bestimmungen erfordern die Diagnose einer Fehlfunktion, durch die schädliche Gase anomal gesteigert werden, durch eine im Fahrzeug enthaltene Steuereinheit. Derartige Bestimmungen, die Selbstdiagnoseoperationen erfordern, werden derzeit in den USA durchgesetzt, und das Inkraftsetzen derartiger Bestimmungen wird in Europa und Japan erwogen.

Eine Technik zur Erfassung von Fehlfunktionen, wie eine Technik zur Diagnose des Verbrennungszustands einschließlich Fehlzündungen ist in dem japanischen Patent Nr. 2,559,509 offenbart. Bei dieser Technik wird ein Verbrennungszustand auf der Grundlage einer Schwankung der Drehzahl des Motors eingeschätzt.

Es wurden viele weitere Techniken offenbart, einschließlich einer Technik, bei der ein Verbrennungszustand anhand eines Ionenstroms eingeschätzt wird, der zwischen in einer Brennkammer angeordneten Elektroden fließt, einer Technik, bei der ein Verbrennungszustand anhand eines von einem in der Nähe der Brennkammer angeordneten Verbrennungsdrucksensor gemessenen Verbrennungsdrucks in der Brennkammer eingeschätzt wird, und einer Technik, bei der ein Verbrennungszustand anhand des Ausgangsdrehmoments des Motors eingeschätzt wird.

Obwohl diese bekannten Techniken zur Erfassung einer Verschlechterung des Verbrennungszustands beispielsweise aufgrund einer Fehlzündung geeignet sind, sind sie zur Identifikation einer Fehlfunktion der Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms und der Einrichtung zur Zufuhr des Kraftstoffs ungeeignet. Daher muß eine weitere Erfassungseinrichtung zu dem Motor hinzugefügt werden, oder der Motor muß in einer Werkstatt unter hohem Zeitaufwand von Mechanikern untersucht werden.

Wenn von dem Zylinderinjektionssystem der Kraftstoff für eine geschichtete Verbrennung zugeführt wird, wird der Kraftstoff mit einer unerwarteten Verteilung in dem Zylinder verteilt, wenn der Kraftstoff von einem Kraftstoffeinspritzventil in einem Sprühzustand eingespritzt wird, der sich erheblich von einem gewünschten Sprühzustand unterscheidet, oder wenn die Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms fehlerhaft arbeitet, und selbst bei einer stabilen Verbrennung wird eine große Menge an nicht verbranntem Gas ausgestoßen. Wenn eine derartige Fehlfunktion in einem bestimmten Zylinder unter mehreren Zylindern auftritt, verringern sich die Verbrennungsdrücke in den anderen Zylindern und das von ihnen erzeugte Drehmoment geringfügig. Daher ist es möglich, die Fehlfunktion durch die herkömmliche Technik zu erfassen. Es ist jedoch

schwierig, zwischen einem anomalen Zustand und einem normalen Zustand zu unterscheiden, da die verschiedenen Zylinder sich hinsichtlich des Betriebszustands von Natur aus voneinander unterscheiden. Es ist schwierig, eine leichte Fehlfunktion zu erfassen, da verschiedene Motoren verschiedene Merkmale und verschiedene Teile aufweisen und sich der Zustand des Motors mit der Zeit verändert.

Die vorliegende Erfindung erfolgte im Hinblick auf diese Probleme bei den herkömmlichen Technik, und es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Diagnose-System für einen Motor zu schaffen, das zur Diagnose von Fehlfunktionen einer Einrichtung zur Intensivierung des Ansaugluftstroms und einer Einrichtung zur Zufuhr von Kraftstoff und zur Angabe der Ursache der Fehlfunktion geeignet ist, ohne von Unterschieden der Eigenschaften verschiedener Motoren, unterschiedlichen Teilen und einer Veränderung des Zustands des Motors mit der Zeit beeinträchtigt zu werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Durch die vorliegende Erfindung wird ein Diagnose-System für einen Motor zur Diagnose von Fehlfunktionen eines Motors geschaffen, das umfaßt: eine Auswahleinrichtung zur Auswahl einer ersten Einrichtung zur Steuerung eines Luft-Kraftstoffgemischs oder einer zweiten Einrichtung zur Steuerung eines Luft-Kraftstoffgemischs gemäß dem Betriebszustand eines Motors, eine Einrichtung zur Erfassung des Verbrennungszustands des Motors und eine Einrichtung zur Feststellung des Zustands zur Feststellung einer anomalen Funktion auf der Grundlage eines von der Einrichtung zur Erfassung des Verbrennungszustands in einem Zustand, in dem von der Auswahleinrichtung die erste Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, erfaßten ersten Verbrennungszustands und eines von der Einrichtung zur Erfassung des Verbrennungszustands in einem Zustand, in dem von der Auswahleinrichtung die zweite Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, erfaßten zweiten Verbrennungszustands.

Vorzugsweise stellt die Zustandsbestimmungseinrichtung bei dem Diagnose-System für einen Motor einen Zustand auf der Grundlage eines Verbrennungszustands in einem Zustand fest, in dem von der Auswahleinrichtung die erste oder die zweite Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde und der Motor zumindest hinsichtlich der Kraftstoffzufuhrmenge und der Last, wie dem erzeugten Drehmoment, unter den im wesentlichen gleichen Betriebsbedingungen betrieben wird.

Bei dem Diagnose-System für einen Motor ist es vorteilhaft, wenn die Entscheidungseinrichtung einen Zustand auf der Grundlage von Verbrennungszuständen vor und nach einem Wechsel von der ersten zur zweiten Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder einem Wechsel von der zweiten zur ersten Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs feststellt.

Vorzugsweise umfaßt das Diagnose-System für einen Motor eine Auswahleinrichtung, die entweder die erste Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs, durch die der Kraftstoff derart zugeführt wird, daß das Luft-Kraftstoffgemisch eine homogene Kraftstoffkonzentration aufweist, oder die zweite Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs auswählt, durch die der Kraftstoff derart zugeführt wird, daß das Luft-Kraftstoffgemisch eine geschichtete Kraftstoffkonzentration aufweist.

Vorzugsweise umfaßt das Diagnose-System für einen Motor eine Auswahleinrichtung, die die erste Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs, durch die der

Kraftstoff derart zugeführt wird, daß ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoffgemisch mit einem stöchiometrischen Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt wird, oder die zweite Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs auswählt, durch die der Kraftstoff derart zugeführt wird, daß ein mageres Luft-Kraftstoffgemisch mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt wird, das größer als ein stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffverhältnis ist.

Vorzugsweise umfaßt das Diagnose-System für einen Motor eine Einrichtung zur Erfassung des Verbrennungszustands, die den Verbrennungszustand auf der Grundlage der Betriebsdrehzahl des Motors erfaßt.

Vorzugsweise umfaßt das Diagnose-System für einen Motor eine Einrichtung zur Erfassung des Verbrennungszustands, die einen Verbrennungszustand auf der Grundlage des Drucks in der Brennkammer des Motors erfaßt.

Vorzugsweise stellt das Diagnose-System für einen Motor fest, daß eine Anomalie in der Einrichtung zur Intensivierung des Luftstroms vorliegt, wenn die Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Verbrennungszustand nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist.

Vorzugsweise stellt das Diagnose-System für einen Motor fest, daß in einer Einrichtung zur Kraftstoffzufuhr zur Zufuhr des Kraftstoffs zu einem Zylinder eine Anomalie vorliegt, wenn die Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Verbrennungszustand in dem gleichen Zylinder nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist.

Vorzugsweise verhindert das Diagnose-System für einen Motor den Betrieb der Auswahleinrichtung zur Auswahl entweder der ersten oder der zweiten Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs, um bei der Diagnose einer Fehlfunktion einen Kraftstoffzufuhrmodus unter Verwendung der ersten Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder der zweiten Einrichtung zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs zu halten.

Vorzugsweise verändert die Auswahleinrichtung eines Diagnose-Systems für einen Motor einen Betriebszustand, in dem die Auswahleinrichtung ihre Funktion ausführt, wenn eine Fehlfunktion auftritt.

Vorzugsweise umfaßt das Diagnose-System für einen Motor zumindest entweder eine Speichereinrichtung für Fehlfunktionen zum Speichern von Informationen bezüglich einer Fehlfunktion oder eine Fehlerwarneinrichtung zur Ausgabe einer Warnung beim Auftreten einer Fehlfunktion.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die vorstehend aufgeführten und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen hervor. Es zeigen:

Fig. 1 eine diagrammartige Ansicht eines mit einem System zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgestatteten Motors;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer elektronischen Steuerungseinheit (ECU);

Fig. 3 ein Blockdiagramm des Systems zur Luft-Kraftstoffsteuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines von dem System zur Luft-Kraftstoffsteuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auszuführenden Steuerprogramms;

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines weiteren, von dem System zur Luft-Kraftstoffsteuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auszuführenden Steuerprogramms;

Fig. 6 ein Blockdiagramm einer in dem System zur Luft-

Kraftstoffsteuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthaltenen Entscheidungskomponente;

Fig. 7 ein Diagramm zur Unterstützung der Erläuterung der Beziehung zwischen dem Druck in einem Zylinder und der Funktionsweise einer Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands;

Fig. 8 ein Diagramm zur Unterstützung der Erläuterung der Beziehung zwischen dem Druck in einem Zylinder und der Funktionsweise einer weiteren Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands;

Fig. 9 ein Diagramm zur Unterstützung der Erläuterung der Beziehung zwischen einer Abweichung des Integrals des Drucks in einem Zylinder und der Funktion der Entscheidungskomponente;

Fig. 10 ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Veränderung der Drehzahl und der Funktion der Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands zeigt;

Fig. 11 ein Diagramm zur Unterstützung der Erläuterung der Parameter des Verbrennungszustands; und

Fig. 12 ein Diagramm zur Unterstützung der Erläuterung eines Verfahrens zur Korrektur der Parameter des Verbrennungszustands.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Fig. 1 zeigt einen mit einem System zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgestatteten Motor. Der Motor weist ein Zylindereinspritzsystem auf. Der Motor 1 weist ein Einlaßsystem 23 mit einem Luftreiniger 2, einem Luftstromsensor zur Messung der angesaugten Luft, einem Drosselventil 4 zum Regeln des Stroms der angesaugten Luft, einer Vorrichtung 5 zum Antreiben des Drosselventils, einem Sensor 5a für den Öffnungsgrad des Drosselventils, Wirbelsteuerventilen 6, einer Vorrichtung 7 zum Antreiben der Wirbelsteuerventile und Einlaßventilen 8 auf. Die Wirbelsteuerventile 6 sind jeweils unmittelbar vor den Einlaßventilen 8 der Zylinder angeordnet und werden gleichzeitig betätigt. Jede der Brennkammern 9 des Motors ist mit einem Kraftstoffeinspritzventil 10 zum direkten Einspritzen des Kraftstoffs in die Brennkammer 9, einer Zündkerze 11 und einem Zylinderdrucksensor 12 ausgestattet. Der Motor 1 weist ein Auspuffsystem 23 mit Auslaßventilen 13, einem Sensor 14 für das Luft-/Kraftstoffverhältnis und einem Katalysator 15 auf. Der Motor 1 ist mit einer an der Kurbelwelle des Motors 1 montierten Sensorplatte 16 mit Vorsprüngen und einem Kurbelwinkelsensor 17 zum Messen der Motordrehzahl und des Kurbelwinkels durch die Erfassung der Vorsprünge der Sensorplatte 16 und einem Sensor 19 für den Hub des Gaspedals zur Messung des Hubs eines Gaspedals 18 ausgestattet.

Die Sensoren geben Erfassungssignale an eine elektronische Steuereinheit 20 aus (die nachstehend durch die Abkürzung "ECU" bezeichnet wird). Die ECU 20 erfaßt oder berechnet beispielsweise den Hub des Gaspedals, die Menge der angesaugten Luft, die Motordrehzahl, den Kurbelwinkel, den Zylinderdruck und den Öffnungsgrad des Drosselventils. Die ECU bestimmt durch eine Berechnung die Menge des in den Motor 1 einzuspritzenden Kraftstoffs und den Zeitpunkt der Kraftstoffinjektion und gibt einen Antriebsimpuls an das Kraftstoffeinspritzventil 10 aus. Die ECU 20 berechnet den Öffnungsgrad des Drosselventils 4, gibt ein Steuersignal an die Vorrichtung 5 zur Steuerung des Drosselventils aus, berechnet den Zündzeitpunkt und gibt ein Zündsignal an die Zündkerze 11 aus.

Der Kraftstoff wird von einer Kraftstoffpumpe aus einem

nicht dargestellten Kraftstofftank gepumpt. Der Kraftstoff wird von einem Kraftstoffdruckregler auf einem vorgegebenen Druck im Bereich von ca. 5 bis 15 MPa gehalten. Der Kraftstoff wird dem Kraftstoffeinspritzventil 10 zugeführt.

Zum Einspritzen einer vorgegebenen Menge des Kraftstoffs zu einem vorgegebenen Zeitpunkt direkt in die Brennkammer 9 wird die Kraftstoffpumpe von dem durch die ECU 20 erzeugten Antriebsimpuls gesteuert. Der Kraftstoff wird bei einem Betrieb des Motors in einem homogenen Verbrennungsmodus zur Mischung des Kraftstoffs mit angesaugter Luft in einer einem Ansaughub entsprechenden Periode in die Brennkammer 9 eingespritzt. Der Kraftstoff wird bei einem Betrieb des Motors in einem geschichteten Verbrennungsmodus zum Sammeln des Kraftstoffs in der Nähe der Zündkerze 11 in einer einem Verdichtungsstakt entsprechenden Periode in die Brennkammer 9 eingespritzt.

Die durch das Drosselventil 4 dosierte, angesaugte Luft strömt durch das Einlaßventil 8 in die Brennkammer 9. Zu diesem Zeitpunkt steuert das Wirbelsteuerventil 6 die Intensität der Wirbel. Die Intensität der Verwirbelungen der angesaugten Luft ist bei einem mageren geschichteten Verbrennungsmodus hoch und bei anderen Verbrennungsmodi niedrig. Ein in der oberen Oberfläche eines Kolbens 21 ausgebildeter Hohlraum 22 ist derart konstruiert und der Zeitpunkt der Kraftstoffinjektion und die Verwirbelung der angesaugten Luft werden derart eingestellt, daß sich der Kraftstoff nicht in der gesamten Brennkammer 9 ausbreiten kann und besonders um die Zündkerze 11 angesammelt werden kann, wenn der Motor in einem geschichteten Verbrennungsmodus betrieben wird.

Ein Luft-Kraftstoffgemisch, d. h. ein Gemisch aus angesaugter Luft und Kraftstoff, wird von der Zündkerze 9 gezündet und verbrennt. Das durch die Verbrennung des Luft-Kraftstoffgemischs erzeugte Abgas wird durch das Auslaßventil 13 in das Auspuffsystem 24 ausgestoßen. Der Katalysator 15 wandelt in dem Abgas enthaltene schädliche Gase in harmlose oder weniger schädliche Produkte um. Der Katalysator 15 weist sowohl die Fähigkeiten eines Dreiwegekatalysators, der zur Reinigung des bei einem Betrieb des Motors 1 in einem stöchiometrischen Verbrennungsmodus ausgestoßenen Abgases geeignet ist, als auch die einer NOx-Adsorptionseinrichtung auf, die zur Reduktion von NOx bei einem Betrieb des Motors 1 in einem mageren Verbrennungsmodus geeignet ist.

Ein Sensor 14 für das Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt ein Signal, das die Sauerstoffkonzentration des durch die Verbrennung erzeugten Abgases repräsentiert. Das Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Motor 1 zuzuführenden Luft-Kraftstoffgemischs wird in einem Rückführsteuerungsmodus auf der Grundlage des von dem Sensor 14 für das Luft-/Kraftstoffverhältnis gemessenen Luft-/Kraftstoffverhältnisses gesteuert, um das Luft-/Kraftstoffverhältnis auf ein gewünschtes Luft-/Kraftstoffverhältnis einzustellen. Wenn der Sensor 14 für das Luft-/Kraftstoffverhältnis einen binären Wert um das stöchiometrische Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt, wird das Luft-Kraftstoffverhältnis nur bei einem Betrieb des Motors 1 in einem stöchiometrischen Verbrennungsmodus in einem Rückführsteuerungsmodus gesteuert.

Ein nicht dargestelltes EGR-Steuerventil (Abgasrückführ-Steuerventil) ist in einem das Abgassystem 24 mit dem Einlaßsystem 23 verbindenden Kanal angeordnet, um eine große Menge des Abgases einzuführen, um die Erzeugung von NOx und den übermäßigen Anstieg der Verbrennungsgeschwindigkeit insbesondere bei einem Betrieb des Motors in einem geschichteten Verbrennungsmodus zu unterdrücken.

Gemäß **Fig. 2** weist die ECU 20 eine Eingangsschaltung

31 auf, die die jeweils von dem Luftstromsensor 3, dem Sensor 5a für den Öffnungsgrad des Drosselventils, dem Zylinderdrucksensor 12, dem Sensor 14 für das Luft-/Kraftstoffverhältnis und dem Kurbelwinkelsensor 17 erzeugten Ausgangssignale 35, 55, 12s, 14s und 17s empfängt. Die Eingangsschaltung 31 empfängt auch das Ausgangssignal eines Zylinderidentifikationssensors 25. Eine CPU 30 liest diese an die Eingangsschaltung 31 angelegten Eingangssignale und führt entsprechend in einem ROM 37 gespeicherten Programmen und Konstanten Datenverarbeitungsoperationen aus. Den Zündzeitpunkt, eine Antriebsimpulsbreite für die Einspritzeinrichtung, eine Zeitspanne für den Antrieb der Einspritzeinrichtung, den Öffnungsgrad des Drosselventils und den Öffnungsgrad des Wirbelsteuerventils repräsentierende, von der CPU 30 berechnete Signale werden über eine E-/A-Einheit 32 an eine Zündschaltung 33, eine Schaltung 34 zum Antreiben des Kraftstoffeinspritzventils, eine Schaltung 35 zum Antreiben des Drosselventils und eine Schaltung 36 zum Antreiben des Wirbelsteuerventils ausgegeben. Dementsprechend werden die Operationen zur Zündung, zur Kraftstoffinjektion, zur Steuerung des Öffnungsgrads des Drosselventils und zur Steuerung des Öffnungsgrads des Wirbelsteuerventils ausgeführt. Die Eingangssignale und die Berechnungsergebnisse werden in einem RAM 38 gespeichert.

Gemäß Fig. 3 bestimmt eine Auswahlkomponente 40 einen Betriebsmodus und wählt auf der Grundlage von Werten von Parametern, die einen Betriebszustand angeben, wie der Drehzahl des Motors, dem Hub des Gaspedals, der Menge an angesaugter Luft und der Fahrgeschwindigkeit, eine Vorrichtung zur Zufuhr von Kraftstoff aus. Für einen Betriebszustand, in dem die erforderliche Leistung verhältnismäßig gering ist und leicht eine geschichtete Verbrennung erzielt werden kann, wird beispielsweise ein geschichteter Verbrennungsmodus ausgewählt, für einen Betriebszustand, in dem die erforderliche Leistung hoch ist und eine geschichtete Verbrennung und eine magere Verbrennung schwer zu verwirklichen sind, wird ein homogener, stöchiometrischer Verbrennungsmodus oder ein fetter Verbrennungsmodus ausgewählt, und für einen Betriebszustand, in dem eine moderate Leistung erforderlich ist, wird ein homogener magerer Verbrennungsmodus ausgewählt. Diese Ausführungsform weist im wesentlichen drei Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs für jeweils einen geschichteten Verbrennungsmodus, einen homogenen mageren Verbrennungsmodus und einen homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus auf. Im wesentlichen werden bei der vorliegenden Erfindung von zwei verschiedenen Komponenten zur Luft-Kraftstoffsteuerung gesteuerte Verbrennungszustände verglichen, um eine Fehlfunktion einer Komponente zur Zufuhr von Kraftstoff zu diagnostizieren, wobei die Typen sämtlicher Komponenten zur Luft-Kraftstoffsteuerung nicht auf zwei Typen begrenzt werden, die nachstehend konkreter beschrieben werden. Die Auswahlkomponente 40 wählt zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses eines dem Motor 1 zuzuführenden Luft-Kraftstoffgemischs entweder eine erste Komponente 41 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder eine zweite Komponente 42 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs aus. Es wird darauf hingewiesen, daß der Begriff "Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs" eine Einheit bezeichnet, die eine Komponente zur Zufuhr von Kraftstoff und eine Komponente zur Intensivierung des Luftstroms enthält. Eine Komponente 43 zur Erfassung des Verbrennungszustands erfaßt den Verbrennungszustand des Luft-Kraftstoffgemischs in dem Motor 1 und erzeugt entsprechend der von der Auswahlkomponente 40 ausgewählten Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs

ein Signal, das einen ersten Verbrennungszustand oder einen zweiten Verbrennungszustand repräsentiert. Eine Entscheidungskomponente 44 stellt auf der Grundlage des ersten Verbrennungszustands und des zweiten Verbrennungszustands fest, ob der Motor 1 fehlerhaft arbeitet oder nicht. Wird eine Fehlfunktion diagnostiziert, werden vorzugsweise Informationen bezüglich der Fehlfunktion und des entsprechenden Betriebszustands in einer Speichervorrichtung 45 für Daten bezüglich der Fehlfunktion gespeichert und der Fahrer durch eine Warnvorrichtung 46 hinsichtlich der Fehlfunktion informiert. Vorzugsweise wird bei der Diagnose einer Fehlfunktion auch durch Verhindern der Operation der Auswahlkomponente 40 zum Wechseln der Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs durch eine Komponente 47 zum Verhindern eines Wechsels entweder die ausgewählte erste Komponente 41 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder zweite Komponente 42 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs gehalten. Abhängig von der Art der erfaßten Fehlfunktion entweder die erste Komponente 41 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder die zweite Komponente 42 zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt und in Betrieb gehalten. Wenn beispielsweise festgestellt wird, daß die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms fehlerhaft arbeitet, wird der Betrieb des Motors 1 im mageren Verbrennungsmodus verhindert, und der Motor 1 wird in dem stöchiometrischen Verbrennungsmodus betrieben. Vorzugsweise wird ein Betriebszustand, in dem die Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs von der Auswahlkomponente 40 gewechselt wird, durch eine Komponente 48 zum Verändern des ausgewählten Betriebszustands verändert. Wenn beispielsweise festgestellt wird, daß eine Fehlfunktion der Komponente zur Intensivierung des Luftstroms vorliegt, wird der Bereich der Bedingungen für einen Betrieb im mageren Verbrennungsmodus eingeengt oder das Luft-Kraftstoffverhältnis wird verringert, d. h. es wird ein fetteres Luft-Kraftstoffgemisch zugeführt. Weder die Vorrichtung 45 zur Speicherung von Daten bezüglich einer Fehlfunktion, noch die Warnvorrichtung 46, die Komponente 47 zum Verhindern eines Wechsels und die Komponente 48 zum Verändern des ausgewählten Betriebszustands sind notwendigerweise unverzichtbar.

Bei dieser Ausführungsform sind beispielsweise drei Typen von Einheiten zur Zufuhr von Kraftstoff für den Betrieb im geschichteten Verbrennungsmodus, im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus vorgesehen. Die erste und die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs können beispielsweise zur Steuerung des Betriebs im geschichteten Verbrennungsmodus und im homogenen mageren Verbrennungsmodus, im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus oder im geschichteten Verbrennungsmodus und im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus verwendet werden.

Die Wirkung eines Sprühmusters, bei dem das Kraftstoffeinspritzventil 10 den Kraftstoff einspritzt, erscheint beim Vergleich des Betriebs im geschichteten Verbrennungsmodus mit dem Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus. Die Wirkung wird durch die Differenz zwischen den von dem Zylinder erzeugten Drehmomenten (den Verbrennungsdrücken in dem Zylinder) realisiert. Die Wirkung des Wirbelsteuerventils ist eine weitere Ursache. Wenn eine Fehlfunktion des Wirbelsteuerventils auftritt, werden die Differenzen zwischen den von sämtlichen Zylindern erzeugten Drehmomenten (Verbrennungsdrücken) und der Verbrennung in sämtlichen Zylindern instabil, und die erzeugten Drehmomente (Verbrennungsstücke) werden über einen

weiten Bereich verteilt.

Ähnlich tritt die Wirkung des Wirbelsteuerventils beim Vergleich der Operationen im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus auf. Es wird darauf hingewiesen, daß die Wirkung eines Sprühmusters, bei dem das Kraftstoffeinspritzventil 10 den Kraftstoff einspritzt, nicht signifikant ist.

Die für einen Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus erforderliche Zündenergie ist größer als die für einen Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus erforderliche, und die für einen Betrieb im geschichteten Verbrennungsmodus erforderliche Zündenergie ist größer als die für einen Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus erforderliche. Dementsprechend ist es möglich, daß der Verbrennungszustand beeinträchtigt wird, wenn die Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs in einem Zustand gewechselt wird, in dem aufgrund einer Fehlfunktion nicht ausreichend Zündenergie verfügbar ist. Abhängig von der Konfiguration des Zündsystems und der Art der Fehlfunktion werden ein bestimmter der Zylinder oder sämtliche Zylinder beeinträchtigt. Wenn die Fehlfunktion eine rußige Zündkerze ist, wird beispielsweise der mit der rußigen Zündkerze ausgestattete Zylinder beeinträchtigt.

Ein von dem System zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auszuführendes Steuerprogramm wird unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben. Das Steuerprogramm wird zu jeder vorgegebenen Zeitspanne, beispielsweise alle 2 ms, ausgeführt oder bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel gestartet. In einem Schritt S101 wird der Betriebszustand erfaßt.

In einem Schritt S102 wird entsprechend dem Betriebszustand die erste Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt. Wenn der Betriebszustand die erste Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erfordert und gegenwärtig die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs in Betrieb ist, wird die erste Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt, und in einem Schritt S103 erfolgt ein Wechsel von der zweiten Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs zu der ersten Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs. In einem Schritt S104 erfolgt eine Abfrage zur Feststellung, ob die Bedingungen für die Erfassung des Verbrennungszustands erfüllt sind. Die Bedingungen zur Erfassung des Verbrennungszustands, die beispielsweise Bedingungen, wie daß die Sensoren zur Erfassung des Verbrennungszustands und der auf den Motor aufgetragenen Last normal funktionieren und daß sich der Motor in einem stabilen Betriebsmodus befindet (der Verbrennungszustand wird bei einer starken Beschleunigung oder Verlangsamung oder bei einer Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr nicht erfaßt), umfassen, werden überprüft, und das Steuerprogramm wird beendet, wenn die Bedingungen für die Erfassung des Verbrennungszustands nicht erfüllt sind. Wenn die Bedingungen für die Erfassung des Verbrennungszustands erfüllt sind, wird in einem Schritt S105 der Verbrennungszustand erfaßt und gespeichert. Vorzugsweise wird das Ergebnis der Erfassung beispielsweise entsprechend dem durch die Last und die Drehzahl des Motors spezifizierten Betriebszustand gespeichert. In einem Schritt S106 erfolgt eine Abfrage, um festzustellen, ob die Erfassung des Verbrennungszustands in dem Betriebszustand abgeschlossen ist, für den die Verwendung der zweiten Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde. Vorzugsweise erfolgt eine Untersuchung, um festzustellen, ob die Erfassung eines Verbrennungszustands in einem zumindest hinsichtlich der

Last, wie der Kraftstoffzufuhrmenge und des erzeugten Drehmoments, im wesentlichen gleichen Betriebszustand abgeschlossen ist, in dem die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde. Bei der Verwendung einer Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands, beider die Drehzahl des Motors verwendet wird, wird vorzugsweise festgestellt, ob die Erfassung des Verbrennungszustands in einem in bezug auf die Drehzahl des Motors im wesentlichen gleichen Betriebszustand abgeschlossen ist. Wenn die Reaktion im Schritt S106 negativ ist, d. h. wenn die Erfassung eines Verbrennungszustands in einem Betriebszustand für die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs noch nicht abgeschlossen ist, wird das Steuerprogramm beendet. Wenn die Reaktion im Schritt S106 bestätigend ist, wird ein Schritt S111 zum Diagnostizieren einer Fehlfunktion ausgeführt, der später beschrieben wird. Wie vorstehend erwähnt, wird ein Zustand vorzugsweise auf der Grundlage von Verbrennungszuständen in Betriebszuständen, die hinsichtlich der Last und der Drehzahl des Motors im wesentlichen übereinstimmen, und unter Verwendung der beiden Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs festgestellt, da die Entscheidung nicht dem Einfluß anderer Funktionen als der zu untersuchenden Funktion unterliegt und der Bereich der Schwankungen der später beschriebenen Parameter zur Erfassung des Verbrennungszustands schmal ist. Es wird darauf hingewiesen, daß sich die Mengen an angesaugter Luft beispielsweise für den Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus, dem homogenen mageren Verbrennungsmodus und dem geschichteten Verbrennungsmodus jeweils erheblich voneinander unterscheiden, obwohl die Kraftstoffzufuhrmengen für dieselben im wesentlichen übereinstimmen. Ein im Schritt S111 festgestellter Zustand wird in einem Schritt S112 untersucht. Wenn keine Fehlfunktion festgestellt wird, wird das Steuerprogramm beendet. Wird eine Fehlfunktion diagnostiziert, werden Informationen bezüglich der Fehlfunktion in einem Schritt S113 gespeichert. Die gespeicherten Informationen werden gelesen, um Reparaturarbeiten zur Behebung der Fehlfunktion vereinfachen, die später ausgeführt werden können. Die Informationen enthalten beispielsweise den Code eines fehlerhaft arbeitenden Teils und einen Betriebszustand, in dem der Motor arbeitete, als die Fehlfunktion auftrat. In einem Schritt S114 wird eine Warnvorrichtung aktiviert, um den Fahrer hinsichtlich der Fehlfunktion zu informieren. Die Warnvorrichtung kann eine Warnlampe sein, die eingeschaltet wird oder blinkt, wenn eine Fehlfunktion diagnostiziert wird. Die Fehlfunktion muß nicht notwendigerweise gespeichert werden, und es muß bei der Erfassung der Fehlfunktion nicht notwendigerweise eine Warnung ausgegeben werden. Die Fehlfunktion kann gespeichert werden, und eine Warnung kann nach der vorübergehenden Entscheidung, daß ein Teil fehlerhaft arbeitet, einer Betätigung des Teils, von dessen Fehlfunktion ausgegangen wird, und der Bestätigung einer tatsächlichen Fehlfunktion des Teils ausgegeben werden. Die Fehlfunktion kann gespeichert werden, und eine Warnung kann ausgegeben werden, nachdem eine vorgegebene Anzahl von Fehlfunktionen des selben Teils aufgetreten ist. Die Fehlfunktion kann gespeichert oder eine Warnung ausgegeben werden. Wenn im Schritt S102 festgestellt wird, daß die zweite Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, werden die Schritte S107 bis S110 ausgeführt. Die in den Schritten S107 bis S110 auszuführenden Schritte sind die gleichen wie die in den Schritten S103 bis S106 ausgeführten, und daher erübrigt sich ihre Beschreibung.

Ein weiteres, von dem System zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses auszuführendes Steuerprogramm

wird unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschrieben. Das Steuerprogramm wird jede vorgegebene Zeitspanne, beispielsweise alle 2 ms, ausgeführt oder bei einem vorgegebenen Kurbelwinkel gestartet.

In einem Schritt S201 wird der Betriebszustand erfaßt. In einem Schritt S202 erfolgt eine Abfrage zur Feststellung, ob der Betriebszustand die andere Komponente zur Steuerung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses erfordert. Der Betriebszustand kann überprüft werden, um festzustellen, ob der Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs eine Veränderung des Betriebszustands verursacht und ob ein Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erzwungen werden kann. Wenn der Betriebszustand einen Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erfordert oder einen Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs zuläßt, wird das Steuerprogramm mit einem Schritt 203 fortgesetzt, und wenn dies nicht der Fall ist, wird das Steuerprogramm beendet. Im Schritt 203 wird ein Verbrennungszustand in einem Betriebszustand erfaßt, in dem die aktuell ausgewählte Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs verwendet wird. Die aktuell ausgewählte Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs wird in einem Schritt S204 durch die andere Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ersetzt. Dann wird in einem Schritt S205 ein Verbrennungszustand in einem Betriebszustand erfaßt, in dem die neu ausgewählte Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs verwendet wird. In einem Schritt S206 erfolgt eine Abfrage zur Feststellung, ob die Bedingungen zur Erfassung des Verbrennungszustands zu dem Zeitpunkt, zu dem der Verbrennungszustand im Schritt S203 bzw. S205 erfaßt wurde, erfüllt waren; d. h. es erfolgt eine Überprüfung zur Feststellung, ob die Sensoren ordnungsgemäß arbeiten und ob der Betriebszustand bei der Erfassung des Verbrennungszustands stabil war. Die Überprüfung dieser Bedingungen kann vor oder bei dem Vorgang der Erfassung des Verbrennungszustands im Schritt S203 oder S205 ausgeführt werden. Wenn die Bedingungen zur Erfassung des Verbrennungszustands nicht erfüllt sind, wird das Programm beendet. Wenn die Bedingungen für die Erfassung des Verbrennungszustands erfüllt sind, wird der Betriebszustand in einem Schritt 207 durch einen Vergleich des Verbrennungszustands vor dem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs mit dem Verbrennungszustand nach dem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs überprüft. Wird eine Fehlfunktion diagnostiziert, werden in einem Schritt S209 Informationen hinsichtlich der Fehlfunktion gespeichert, in einem Schritt S210 wird eine Warnung ausgegeben, und dann wird das Steuerprogramm beendet.

Gleichzeitig wird der Motor derart gesteuert, daß die Betriebsbedingungen in bezug auf die Last, wie die Kraftstoffzufuhrmenge, vor und nach dem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs im wesentlichen gleich sind, da es erforderlich ist, den Fahrer die Stöße nicht bewußt werden zu lassen, die bei einem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erzeugt werden können. Daher ist eine auf der Grundlage der Verbrennungszustände vor und nach dem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erfolgte Feststellung einer Fehlfunktion wünschenswert, da diese schwer durch andere Auswirkungen als die der zu untersuchenden Funktion zu beeinträchtigen ist und der Bereich der Veränderung von Parametern zur Erfassung des Verbrennungszustands eingeengt werden kann. Da der Verbrennungszustand in einem Zustand, in dem die beiden Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs verwen-

det werden, in einer kurzen Zeit erfaßt wird, wird die Erfassung des Verbrennungszustands weniger von zur Beeinträchtigung des Verbrennungszustands geeigneten Faktoren, wie dem Atmosphärendruck, der Feuchtigkeit und einer Fehlfunktion von anderen Vorrichtungen als der Komponente zur Zufuhr von Kraftstoff, beeinträchtigt.

Eine Vorrichtung 50 zur Erfassung des Verbrennungszustands, bei der der Zylinderdruck verwendet wird, wird unter Bezugnahme auf Fig. 6 beschrieben. Eine durch den Zylinderdrucksensor 12 gemessene Veränderung des Zylinderdrucks, wie in Fig. 7 dargestellt, wird an eine in der Vorrichtung 50 zur Erfassung des Verbrennungsdrucks enthaltene Integrationskomponente 51 ausgegeben. Der Zylinderdruck wird nach dem oberen Totpunkt TDC des Arbeitshubs entweder durch Hardware oder Software von einem Kurbelwinkel C1 bis zu einem Kurbelwinkel C2 integriert. Wenn für die Integration Hardware verwendet wird, wird die Integrationskomponente 51 beim Kurbelwinkel C1 gelöscht, die Integrationskomponente 51 beim Kurbelwinkel C2 wird gehalten, und der von der Integrationskomponente 51 gehaltene Wert wird durch einen A/D-Wandler gelesen. Wenn Software verwendet wird, werden jede vorgegebene Zeitspanne oder jeden vorgegebenen Kurbelwinkel zwischen den Kurbelwinkeln C1 und C2 die Werte des Zylinderdrucks gelesen, und die gesamte Summe der Werte des Zylinderdrucks werden berechnet. Das Integral des Zylinderdrucks vom Kurbelwinkel C1 bis zum Kurbelwinkel C2 ist SP1. Das Integral SP1 ist groß, wenn die Verbrennung zufriedenstellend ist, und es ist klein, wenn die Verbrennung nicht zufriedenstellend ist. Wenn der Zylinderdrucksensor 12 ein Drucksensor, wie ein unter der Unterlegscheibe der Zündkerze 11 angeordneter piezoelektrischer Sensor, ist, der keine sehr genaue Messung des Zylinderdrucks erzeugt, ist es wünschenswert, vor dem oberen Totpunkt des Verdichtungsakts das Integral A des Zylinderdrucks von einem Kurbelwinkel -C2 bis zu einem Kurbelwinkel -C1 und nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungsakts das Integral B des Zylinderdrucks von einem Kurbelwinkel C1 bis zu einem Kurbelwinkel C2 sowie $SP2 = B - A$ zu berechnen. Da der Wert SP2 praktisch Null beträgt, wenn eine Fehlzündung auftritt, ist SP2 unabhängig vom Typ des Zylinderdrucksensors für die Verwendung zur Erfassung einer Fehlzündung geeignet.

Da sich SP1 und SP2 proportional zur Kraftstoffzufuhrmenge verändern, werden zur Normalisierung unter Verwendung einer Normalisierungskomponente 52 durch Division von SP1 und SP2 durch die Kraftstoffzufuhrmenge NP1 und NP2 ermittelt. Die Werte von NSP1 und NSP2 sind groß, wenn die Verbrennung zufriedenstellend ist, und klein, wenn die Verbrennung nicht zufriedenstellend ist. Wie vorstehend erwähnt, beträgt NSP2 im wesentlichen Null, wenn eine Fehlzündung auftritt. Daher ist NSP2 zur Erfassung einer Fehlzündung und zur Erfassung eines Verbrennungszustands geeignet.

Mittels einer Druckberechnungskomponente 53, einer Komponente 54 zur Berechnung der Druckabweichung und einer Komponente 55 zur Berechnung der durchschnittlichen Zylinderdrücke werden jede vorgegebene Zeitspanne oder jede vorgegebene Anzahl von Umdrehungen unter Verwendung der Werte von NSP1 oder NSP2 der durchschnittliche Druck, die Druckabweichung und die durchschnittlichen Zylinderdrücke berechnet. Ein größerer durchschnittlicher Druck und ein größerer durchschnittlicher Zylinderdruck weisen auf einen höheren Verbrennungsdruck hin. Eine kleine Druckabweichung gibt eine stabile Verbrennung an.

Die berechneten Werte werden an eine Entscheidungskomponente 44 weitergeleitet. Der Betriebszustand des Mo-

tors wird auf der Grundlage der Auswahl der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs durch die Auswahlkomponente 40 und der berechneten Werte eingeschätzt. Es erfolgt eine Entscheidung aufgrund der folgenden Verfahren (1) und (2).

(1) Der Betriebszustand wird anhand des durchschnittlichen Drucks, der Druckabweichung und der durchschnittlichen Zylinderdrücke beim Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus, im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im geschichteten Verbrennungsmodus eingeschätzt. Wenn sich der durchschnittliche Druck oder die Druckabweichung in einem vorgegebenen Bereich befinden, wird festgestellt, daß eine Fehlfunktion aufgetreten ist. Wenn der durchschnittliche Zylinderdruck in einem vorgegebenen Bereich abfällt, wird festgestellt, daß in dem entsprechenden Zylinder eine Fehlfunktion aufgetreten ist. Vorzugsweise werden die vorab gespeicherten Schwellenwerte für den durchschnittlichen Druck, den durchschnittlichen Zylinderdruck und die Druckabweichung auf der Grundlage von Parametern abgerufen oder berechnet, die den Betriebszustand des Motors, wie die Motordrehzahl, die Last und den Strom des zurückgeführten Abgases, angeben, und es wird festgestellt, daß eine Fehlfunktion aufgetreten ist, wenn der durchschnittliche Druck und der durchschnittliche Zylinderdruck kleiner als die entsprechenden Schwellenwerte sind oder die Druckabweichung größer als der entsprechende Schwellenwert ist. Es ist jedoch schwierig, durch dieses Verfahren ein fehlerhaftes Teil zu spezifizieren. Wenn sich das Sprühmuster des von dem Kraftstoffeinspritzventil beim Betrieb im geschichteten Verbrennungsmodus eingespritzten Kraftstoffs stark von einem gewünschten Sprühmuster unterscheidet, ist es möglich, daß selbst dann nicht verbranntes Gas ausgestoßen wird, wenn das Luft-Kraftstoffgemisch in der Brennkammer normal verbrennt. Dieser anomale Zustand kann nur anhand des durchschnittlichen Drucks, der Druckabweichung und des durchschnittlichen Zylinderdrucks nicht erfaßt werden.

(2) Die Verbrennungszustände im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im stöchiometrischen Verbrennungsmodus und die Verbrennungszustände im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im geschichteten Verbrennungsmodus werden verglichen. Es wird festgestellt, daß das Wirbelsteuerventil 6, d. h. die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms, fehlerhaft arbeitet, wenn die Differenz zwischen den durchschnittlichen Drücken oder zwischen den Druckabweichungen nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist. Es wird festgestellt, daß das Kraftstoffeinspritzventil (das Sprühmuster) des Zylinders eine Fehlfunktion aufweist, wenn die Differenz zwischen den durchschnittlichen Zylinderdrücken nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist. Auch in diesem Fall werden vorzugsweise jeweils vorab gespeicherte Schwellenwerte für die Differenz zwischen den durchschnittlichen Drücken, zwischen den durchschnittlichen Zylinderdrücken oder zwischen den Druckabweichungen auf der Grundlage von den Betriebszustand des Motors angegebenden Parametern, wie der Drehzahl des Motors, der Last und dem Strom des zurückgeführten Abgases, abgerufen oder berechnet und für die Entscheidung verwendet. Dieses Verfahren, bei dem die beiden Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs verglichen werden, unterliegt nicht den Auswirkungen der Unterschiede zwischen Motoren, der Unterschiede zwischen

den Teilen und der Alterung.

Es ist möglich, daß die Differenz zwischen den durchschnittlichen Drücken, den Druckabweichungen oder den durchschnittlichen Zylinderdrücken nicht kleiner als der vorgegebene Wert ist, wenn die Zündenergie gering ist. Daher wird ein Teil spezifiziert, bei dem die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion sehr hoch ist. Daher wird vorzugsweise die Entscheidung bezüglich des fehlerhaft arbeitenden Teils als Information, die Teile betrifft, bei denen die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion sehr hoch ist, und als das Auftreten von Fehlfunktionen betreffende Information gespeichert. In der Praxis verschlechtert sich die Qualität der Verbrennung durch einen Abfall der Zündenergie erheblich. Es ist daher möglich, eine Fehlfunktion auf der Grundlage des durchschnittlichen Drucks und des durchschnittlichen Zylinderdrucks festzustellen, die unter (1) erwähnt sind.

Vorzugsweise wird nach der Entscheidung bezüglich des fehlerhaft arbeitenden Teils ein bestimmtes Teil auf der Grundlage von Veränderungen des durchschnittlichen Drucks, der Druckabweichung und des durchschnittlichen Zylinderdrucks festgestellt, die aus einer Veränderung einer gesteuerten Variable resultieren, die das spezifizierte Teil betrifft.

Wenn mittels des Verfahrens (2) die Entscheidung getroffen wird, daß die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms fehlerhaft arbeitet, erfolgt die vorübergehende Entscheidung, daß die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms eine Fehlfunktion aufweist. Dann wird die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms zur Überprüfung betrieben. Wenn sich die Druckabweichung nicht verändert oder eine Veränderung der Druckabweichung kleiner als ein vorgegebener Wert ist, erfolgt die endgültige Entscheidung, daß die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms eine Fehlfunktion aufweist. Wenn sich die Druckabweichung um einen Wert verändert, der nicht kleiner als der vorgegebene Wert ist, ist es möglich, zu entscheiden, daß das Zündsystem eine Fehlfunktion aufweist (die Zündenergie sich verringert hat).

Wenn durch das Verfahren (2) festgestellt wurde, daß das Kraftstoffeinspritzventil 10 eine Fehlfunktion aufweist, wird der Einspritzzeitpunkt des Kraftstoffeinspritzventils zur Überprüfung um einen vorgegebenen Wert vorgezogen oder verzögert. Wenn sich der durchschnittliche Zylinderdruck um einen Wert verändert, der nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist, erfolgt die endgültige Entscheidung, daß das Kraftstoffeinspritzventil eine Fehlfunktion aufweist. Wenn in diesem Fall der durchschnittliche Zylinderdruck auf einen Wert ansteigt, der nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist, und die Druckabweichung bei einer Veränderung des Einspritzzeitpunkts nicht größer als ein vorgegebener Wert ist, kann eine Korrektur erfolgen, um den neuen Einspritzzeitpunkt als gesteuerte Variable einzustellen, und die Entscheidung bezüglich einer Fehlfunktion kann aufgehoben werden. Wenn sich der durchschnittliche Zylinderdruck bei einer Veränderung des Einspritzzeitpunkts nicht um einen Wert verändert, der größer als der vorgegebene Wert ist, ist die Entscheidung, daß das Kraftstoffeinspritzventil keine Fehlfunktion aufweist, nicht ordnungsgemäß. Daher werden vorzugsweise Informationen gespeichert, die angeben, daß eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, daß der Zylinder und das Kraftstoffeinspritzventil fehlerhaft arbeiten.

Da die Abweichung als Parameter verwendet wird, der eine Streuung angibt, kann anstelle der Abweichung eine Differenz zwischen einem Maximum und einem Minimum verwendet werden. Die Häufigkeit einer Abweichung der berechneten Werte von NSP1 und NSP2 von einem vorge-

gebenen Bereich kann verwendet werden.

Sowohl der durchschnittliche Druck als auch die Druckabweichung und der durchschnittliche Zylinderdruck des normalisierten Integrals des Zylinderdrucks müssen nicht notwendigerweise zum Treffen einer Entscheidung verwendet werden, und selbstverständlich können andere Parameter, wie der Spitzenzylinderdruck, verwendet werden.

Fig. 9 zeigt die Ergebnisse von Experimenten bezüglich der Abweichung von NSP1 und NSP2 im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus und im homogenen mageren Verbrennungsmodus. Eine erfindungsgemäße Komponente zur Feststellung einer Fehlfunktion wird beschrieben.

Im allgemeinen verändert sich die Abweichung im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus mit dem Luft-/Kraftstoffverhältnis, wie durch einen Wert A angegeben. Im homogenen mageren Verbrennungsmodus verändert sich die Abweichung mit dem Luft-/Kraftstoffverhältnis, wie durch eine Linie B angegeben, da das Wirbelsteuerventil als Komponente zur Intensivierung des Luftstroms geöffnet ist. Ein Kurve zeigt die Veränderung der Abweichung bei einer Veränderung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses bei offen gehaltenem Wirbelsteuerventil. Im allgemeinen ist das Wirbelsteuerventil im stöchiometrischen Verbrennungsmodus geschlossen. Die Abweichung bei geöffnetem Wirbelsteuerventil unterscheidet sich kaum von der bei geöffnetem Wirbelsteuerventil. Ein Wert C zeigt die Veränderung der Abweichung, wenn das Wirbelsteuerventil außer Betrieb ist und geschlossen bleibt. Eine Kurve b zeigt die Veränderung der Abweichung bei einer Veränderung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses bei geschlossen gehaltenem Wirbelsteuerventil. Daher ist bekannt, daß sich die Abweichung verändert, wenn das Wirbelsteuerventil nicht normal funktioniert. Es ist möglich, beim Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus festzustellen, daß mit dem Motor etwas nicht in Ordnung ist, wenn die Abweichung nicht kleiner als ein auf der Grundlage von Parametern, die den Betriebszustand des Motors angeben, wie der Drehzahl des Motors, der Last und dem Luft-/Kraftstoffverhältnis, bestimmter vorgegebener Wert ist.

Gelegentlich verändert sich die Abweichung selbst bei geöffnetem Wirbelsteuerventil längs der Kurve c, wenn die Verbrennung aufgrund einer Alterung des Motors instabil ist oder wenn eine andere Komponente als das Wirbelsteuerventil fehlerhaft arbeitet. In einem derartigen Fall ist der Wert der Abweichung beim Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus A' und beim Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus B'. Wird das Wirbelsteuerventil in diesem Zustand geschlossen gehalten, verändert sich die Abweichung längs einer Kurve b'. Bleibt das Wirbelsteuerventil halb geöffnet, verändert sich die Abweichung längs einer Kurve b'', und der Wert der Abweichung ist bei einem Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus C''. Es ist möglich, daß eine falsche Entscheidung erfolgt, wenn der Zustand des Wirbelsteuerventils in diesem Zustand im homogenen mageren Verbrennungszustand einfach auf der Grundlage der Abweichung eingeschätzt wird. Selbst in einem derartigen Zustand ist es möglich, den Zustand des Wirbelsteuerventils durch den Vergleich der Abweichung beim Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus mit der Abweichung beim Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus genau festzustellen.

Die Abweichung verändert sich kaum, wenn das Wirbelsteuerventil in einem geschlossenen Zustand inaktiv wird. In einem derartigen Fall steigt der Widerstand gegen den Strom angesaugter Luft in einem Betriebszustand, in dem die Strömungsmenge der angesaugten Luft hoch ist. Dem-

entsprechend kann eine Fehlfunktion durch den Vergleich einer auf der Grundlage der Beziehung zwischen dem von dem Sensor 5a für den Öffnungsgrad des Drosselventils erfaßten Öffnungsgrad des Drosselventils 4 und der Drehzahl des Motors sowie dem Öffnungsgrad eines nicht dargestellten Ventils zur Steuerung eines Umgehungsluftstroms geschätzten Strömungsmenge an angesaugter Luft mit der durch den Luftstromsensor 3 erfaßten Strömungsmenge der angesaugten Luft erfaßt werden. Es ist beispielsweise möglich, eine Fehlfunktion genau zu erfassen, indem festgestellt wird, daß eine Fehlfunktion aufgetreten ist, wenn eine Veränderung des Luftstrom nicht größer als ein vorgegebener Wert ist, wenn ein Wechsel des Verbrennungsmodus aus dem homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus in den homogenen mageren Verbrennungsmodus vorliegt, der mehr angesaugte Luft als der homogene stöchiometrische Verbrennungsmodus erfordert. Es ist ebenso möglich, eine Fehlfunktion durch einen Vergleich der Durchschnittswerte von NSP1 und NSP2 im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus und im homogenen mageren Verbrennungsmodus genau zu erfassen.

Wie bei einem Betrieb im homogenen stöchiometrischen und im homogenen mageren Verbrennungsmodus gilt die vorstehende Erläuterung auch für den Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus und im geschichteten Verbrennungsmodus und für den Betrieb im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus und im geschichteten Verbrennungsmodus. Im allgemeinen muß die Intensität des Luftstroms beim Betrieb im geschichteten Verbrennungsmodus höher als die des Luftstroms beim Betrieb im homogenen mageren Verbrennungsmodus sein. Daher wird der Öffnungsgrad des Wirbelsteuerventils entsprechend dem Verbrennungsmodus eingestellt. Wenn der Öffnungsgrad des Wirbelsteuerventils bei einem Wechsel des Verbrennungsmodus, d. h. bei einem Wechsel der Komponente zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs, nicht ordnungsgemäß eingestellt werden kann, werden die Werte von P verglichen, um den Zustand des Wirbelsteuerventils zu erfassen.

Die Komponente zur Intensivierung des Luftstroms: muß nicht auf das Wirbelsteuerventil beschränkt sein, sondern kann beispielsweise ein Umwälzsteuerventil sein.

Diese Ausführungsform ist für die Erfassung des Zustands der Komponente zur Intensivierung des Luftstroms besonders geeignet.

Im folgenden wird eine erfindungsgemäße Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands beschrieben, bei der die Drehzahl des Motors verwendet wird. **Fig. 10** ist ein Diagramm, daß die Veränderung der Motordrehzahl eines Motors mit vier Zylindern zeigt. Gemäß **Fig. 10** werden Motordrehzahlen N_1, N_2, \dots bei Kurbelwinkeln nahe den oberen Totpunkten von Verdichtungstakten und Motordrehzahlen N_{12}, N_{23}, \dots bei Kurbelwinkeln zwischen den oberen Totpunkten gemessen. Es werden $DN_1 N_{12} = (N_1 + N_2)/2$, $DN_2 = N_{23} - (N_2 + N_3)/2, \dots$ berechnet. Die Motordrehzahl kann durch eine Berechnung unter Verwendung einer gemessenen, für eine Drehung der Kurbelwelle um einen vorgegebenen Winkel erforderliche Zeitspanne bestimmt werden. Die Veränderung der Drehzahl des Motors ist auf die Auswirkungen der Trägheitskräfte der Kolben des Motors (ein Drehmoment mit einer Phase, die der des durch das Verbrennungsgas erzeugten Drehmoments im wesentlichen entgegengesetzt ist, wird erzeugt, und seine Wirkung nimmt bei einer Steigerung der Drehzahl des Motors zu) und die Wirkung der Drehzahl des Motors (die bei einer Steigerung der Drehzahl des Motors abnimmt) zurückzuführen. Daher können durch Korrigieren von DN_1, DN_2, \dots auf der Grundlage der Drehzahl des Motors den von den Zylindern

erzeugten Drehmomenten entsprechende Werte, d. h. den Zylinderdrücken entsprechende Werte, bestimmt werden. Der Durchschnitt, die Abweichung und der Zylinderdurchschnitt werden durch Normalisierung unter Verwendung der Kraftstoffzufuhrmenge bestimmt. Eine Entscheidungsverfahren, bei der die Daten bezüglich der Motordrehzahl verwendet werden, stimmt im wesentlichen mit der Entscheidungsverfahren überein, bei der die Daten bezüglich des Zylinderdrucks verwendet werden. Die entscheidende Funktion dieser Ausführungsform ist der Erhalt eines des Zylinderdruck oder dem erzeugten Drehmoment entsprechenden Werts auf der Grundlage der Motordrehzahl, und daher unterliegt das System keinen Beschränkungen.

Eine Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands gemäß einer weiteren Ausführungsform wird beschrieben, bei der die Drehzahl des Motors verwendet wird. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 10 erwähnt, werden Motordrehzahlen N_1 , N_2 , ... bei Kurbelwinkeln in der Nähe der oberen Totpunkte im Verdichtungsstakt gemessen, und $dN_1 = N_2 - N_1$, $dN_2 = N_3 - N_2$, ... werden berechnet. Die berechneten Werte werden auf der Grundlage der Drehzahl des Motors korrigiert und durch die Kraftstoffzufuhrmenge normalisiert. Da die berechneten Werte bei einer Steigerung oder Verringerung der Drehzahl des Motors, d. h. bei einer Beschleunigung oder Verlangsamung des Motors, der Wirkung einer Veränderung der Drehzahl des Motors unterliegen, werden Fehler, die auf die Auswirkungen der Veränderung der Drehzahl des Motors zurückzuführen sind, vorzugsweise korrigiert. Daher kann die Differenz zwischen den von den nebeneinander liegenden Zylindern erzeugten Drehmomenten oder zwischen den Zylinderdrücken der nebeneinander liegenden Zylinder entsprechenden Werten ermittelt werden. Bei diesem System ist der Durchschnitt sämtlicher Werte Null, und es können lediglich relative Werte zwischen den Zylindern erfaßt werden. Daher wird der Durchschnitt sämtlicher Werte nicht berechnet, und die Abweichung und der Zylinderdurchschnitt werden berechnet. Die Entscheidungsverfahren stimmt im wesentlichen mit der bei der Verwendung des Zylinderdrucks verwendeten überein. Folgendes wird zu dem Zylinderdurchschnitt hinzugefügt.

Da bei dieser Ausführungsform relative Werte verwendet werden, die den Verbrennungszustand zwischen den Zylindern angeben, haben die Zylinder die Werte des Zylinderdurchschnitts, wie in Fig. 11 durch eine durchgehende Linie a dargestellt, wenn die Verbrennung in dem einem Zylinder (dem zweiten Zylinder) schlecht ist, und die Zylinder haben die Werte des in Fig. 11 durch eine gestrichelte Linie b dargestellten Zylinderdurchschnitts, wenn die Verbrennung in den beiden Zylindern (dem zweiten und dem dritten Zylinder) schlecht ist. Wenn diese Werte verwendet werden, ist es schwierig, einen Schwellenwert zur Identifikation von Fehlfunktionen zu bestimmen, und es ist möglich, daß auf der Grundlage der Differenz zwischen den bei einem Wechsel der Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs erhaltenen Werten eine falsche Entscheidung erfolgt. Daher wird der größte unter den Werten des Zylinderdurchschnitts der Zylinder als Bezugsgröße verwendet, und die Differenzen zwischen den Werten und der Bezugsgröße werden als neue Werte des Zylinderdurchschnitts verwendet. Die derart bestimmten Werte des Zylinderdurchschnitts sind in Fig. 12 gezeigt, in der Linien a' und b' jeweils den Linien a und b in Fig. 11 entsprechen.

Es wird eine Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands gemäß einer weiteren Ausführungsform beschrieben, bei der die Drehzahl des Motors verwendet wird. Wie im Zusammenhang mit Fig. 10 erwähnt, wird die Drehzahl des Motors jeden vorgegebenen Kurbelwinkel oder

jede vorgegebene Zeitspanne gemessen. Eine vorgegebene Frequenzkomponente wird aus der Veränderung der gemessenen Werte der Drehzahl des Motors extrahiert, und die Leistung oder die Größe P der Frequenzkomponente wird bestimmt. Ein bevorzugtes Frequenzband, aus dem die Frequenzkomponente extrahiert wird, liegt im Bereich von 3 bis 8 Hz. Da das Fahrzeug als Feder-Massen-System wirkt, wird das Resonanzfrequenzband im Bereich von ca. 3 bis 8 Hz hervorgehoben, wenn die Schwankung der Verbrennung anhand der Schwankung der Drehzahl des Motors erfaßt wird. Vorzugsweise werden keine Frequenzkomponenten eingeschlossen, die den Komponenten höherer Ordnung der Drehung in dem Frequenzband entsprechen.

Die Extraktion kann durch die Verwendung eines digitalen Softwarefilters erreicht werden. Die beiden Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs vergleichen die Größe P, um eine Fehlfunktion festzustellen.

Der Wert von P verändert sich ähnlich wie die Veränderung bei der Verwendung der auf dem Zylinderdruck basierenden Abweichungen von NSP1 und NSP2, wie im Zusammenhang mit Fig. 9 erwähnt. Dementsprechend ist die Wirkung eines Verfahrens zur Feststellung einer Fehlfunktion ähnlich wie bei der Verwendung der Abweichung von NSP1 und NSP2.

Obwohl bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurden, können die Ausführungsformen einzeln oder kombiniert zur Feststellung einer Fehlfunktion verwendet werden.

Obwohl die Erfindung in einer Anwendung auf einen Motor mit einem Zylinderinjektionssystem beschrieben wurde, ist die vorliegende Erfindung hinsichtlich ihrer praktischen Anwendung nicht darauf beschränkt. Die vorliegende Erfindung ist beispielsweise auf einen Motor mit dem Ansaugschlitzz-Injektionssystem anwendbar, das zum Einspritzen des Kraftstoffs sowohl im homogenen mageren Verbrennungsmodus als auch im homogenen stöchiometrischen Verbrennungsmodus geeignet ist.

Die Komponente zur Erfassung des Verbrennungszustands kann eine andere als die sein, die den Verbrennungszustand jeweils auf der Grundlage des Zylinderdrucks und der Drehzahl des Motors erfaßt. Die vorliegende Erfindung kann durch einen allgemeinen Sensor realisiert werden, der oft zur normalen Steuerung an dem Motor montiert ist. Die Ausführungsformen, die den Verbrennungszustand auf der Grundlage des Zylinderdrucks und der Motordrehzahl erfassen, wurden beschrieben, um zu beweisen, daß die vorliegende Erfindung ausgeführt werden kann, ohne daß irgendwelche zusätzliche Sensoren erforderlich sind. Daher kann die vorliegende Erfindung ausgeführt werden, ohne eine erhebliche Steigerung der Kosten zur Folge zu haben.

Der Verbrennungszustand kann auf der Grundlage des erzeugten Drehmoments oder eines Ionenstroms erfaßt werden. Die hier beschriebenen Verfahren und diese möglichen Verfahren können kombiniert verwendet werden.

Wie aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlich, diagnostiziert das erfindungsgemäße Diagnose-System für eine Fehlfunktion eines Motors eine Fehlfunktion auf der Grundlage der Verbrennungszustände in Betriebszuständen in denen jeweils die beiden Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs verwendet werden. Daher kann eine Fehlfunktion der Komponenten zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs einschließlich der Komponenten zur Intensivierung des Luftstroms und der Komponente zur Zufuhr von Kraftstoff erfaßt werden, und ein fehlerhaft arbeitendes Teil kann ohne eine Beeinträchtigung durch die Unterschiede zwischen verschiedenen Motoren, die Qualitätsunterschiede zwischen Teilen und einen Alterungsprozeß spezifiziert werden.

1. Diagnose-System für einen Motor mit:
einer Auswahlkomponente (40) zur Auswahl entweder
einer ersten Komponente (41) zur Steuerung des Luft-
Kraftstoffgemischs oder einer zweiten Komponente
(42) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs ent-
sprechend einem Betriebszustand eines Motors,
einer Komponente (43) zur Erfassung des Verbren-
nungszustands des Motors und
einer Entscheidungskomponente (44) zur Feststellung
einer Fehlfunktion auf der Grundlage eines von der
Komponente (43) zur Erfassung des Verbrennungszu-
stands in einem Zustand, in dem von der Auswahlkom-
ponente (40) die erste Komponente (41) zur Steuerung
des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, erfaß-
ten ersten Verbrennungszustands und eines von der
Komponente (43) zur Erfassung des Verbrennungszu-
stands in einem Zustand, in dem von der Auswahlkom-
ponente (40) die zweite Komponente (42) zur Steue-
rung des Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde,
erfaßten zweiten Verbrennungszustands. 5
2. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Entscheidungskomponente (44) eine Fehl-
funktion in Betriebszuständen, die zumindest hinsicht-
lich der Kraftstoffzufuhrmenge und der Last, wie dem
erzeugten Drehmoment, im wesentlichen übereinstim-
men, auf der Grundlage eines Verbrennungszustands in
einem Zustand, in dem von der Auswahlkomponente
(40) die erste Komponente (41) zur Steuerung des
Luft-Kraftstoffgemischs ausgewählt wurde, und eines
Verbrennungszustands in einem Zustand, in dem von
der Auswahlkomponente (40) die zweite Komponente
(42) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs aus-
gewählt wurde, diagnostiziert. 10
3. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 2,
bei dem die Entscheidungskomponente (44) eine Fehl-
funktion auf der Grundlage von Verbrennungszustän-
den vor und nach der Auswahl der ersten Komponente
(41) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs oder
der zweiten Komponente (42) zur Steuerung des Luft-
Kraftstoffgemischs durch die Auswahlkomponente
(40) diagnostiziert. 15
4. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Auswahlkomponente (40) entweder die er-
ste Komponente (41) zur Steuerung des Luft-Kraft-
stoffgemischs, die den Kraftstoff derart zuführt, daß
das Luft-Kraftstoffgemisch eine homogene Kraftstoff-
konzentration aufweist, oder die zweite Komponente
(42) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffgemischs aus-
wählt, die den Kraftstoff derart zuführt, daß ein Luft-
Kraftstoffgemisch eine geschichtete Kraftstoffkon-
zentration aufweist. 20
5. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Auswahlkomponente (40) die erste Kom-
ponente (41) zur Steuerung des Luft-Kraftstoffge-
mischs, die den Kraftstoff derart zuführt, daß ein stö-
chiometrisches Luft-Kraftstoffgemisch mit einem stö-
chiometrischen Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt
wird, oder die zweite Komponente (42) zur Steuerung
des Luft-Kraftstoffgemischs auswählt, die den Kraft-
stoff derart zuführt, daß ein mageres Luft-Kraftstoffge-
misch mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis erzeugt
wird, das größer als das stöchiometrische Luft-/Kraft-
stoffverhältnis ist. 25
6. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Komponente (43) zur Erfassung des Ver-
brennungszustands den Verbrennungszustand auf der

Grundlage der Drehzahl des Motors (1) erfaßt.

7. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Komponente (43) zur Erfassung des Ver-
brennungszustands den Verbrennungszustand auf der
Grundlage der Drücke in den Brennkammern des Mo-
tors (1) erfaßt.

8. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Entscheidungskomponente (44) feststellt,
daß eine Komponente zur Intensivierung des Ansaug-
luftstroms fehlerhaft arbeitet, wenn die Differenz zwi-
schen dem ersten Verbrennungszustand und dem zwei-
ten Verbrennungszustand nicht kleiner als ein vorgege-
bener Wert ist.

9. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch 1,
bei dem die Entscheidungskomponente (44) feststellt,
daß die Komponente zur Zufuhr von Kraftstoff eines
bestimmten Zylinders fehlerhaft arbeitet, wenn die Dif-
ferenz zwischen dem ersten Verbrennungszustand und
dem zweiten Verbrennungszustand in diesem Zylinder
nicht kleiner als ein vorgegebener Wert ist.

10. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch
1, das ferner eine Komponente (47) zum Verhindern
der Auswahl einer Komponente zur Steuerung des
Luft-Kraftstoffgemischs aufweist, die einen Auswahl-
vorgang der Auswahlkomponente (40) verhindert, um
einen Betriebszustand zu halten, in dem entweder die
erste oder die zweite Komponente (41, 42) zur Steue-
rung des Luft-Kraftstoffgemischs verwendet wird,
wenn die Entscheidungskomponente (44) feststellt, daß
eine Fehlfunktion aufgetreten ist.

11. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch
1, das ferner eine Komponente (48) zum Verändern ei-
nes ausgewählten Betriebszustands aufweist, die bei
der Feststellung einer Fehlfunktion durch die Entschei-
dungskomponente (44) einen Betriebszustand verän-
dert, wenn die Auswahlkomponente (40) einen Aus-
wahlvorgang ausführt.

12. Diagnose-System für einen Motor nach Anspruch
1, das ferner zumindest entweder eine Komponente
(45) zum Speichern einer Fehlfunktion zur Speiche-
rung von Informationen bezüglich einer Fehlfunktion
bei der Feststellung des Auftretens einer Fehlfunktion
durch die Entscheidungskomponente (44) oder eine
Warnkomponente (46) zur Erzeugung einer Warnung
bezüglich des Auftretens einer Fehlfunktion bei der
Feststellung des Auftretens einer Fehlfunktion durch
die Entscheidungskomponente (44) aufweist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

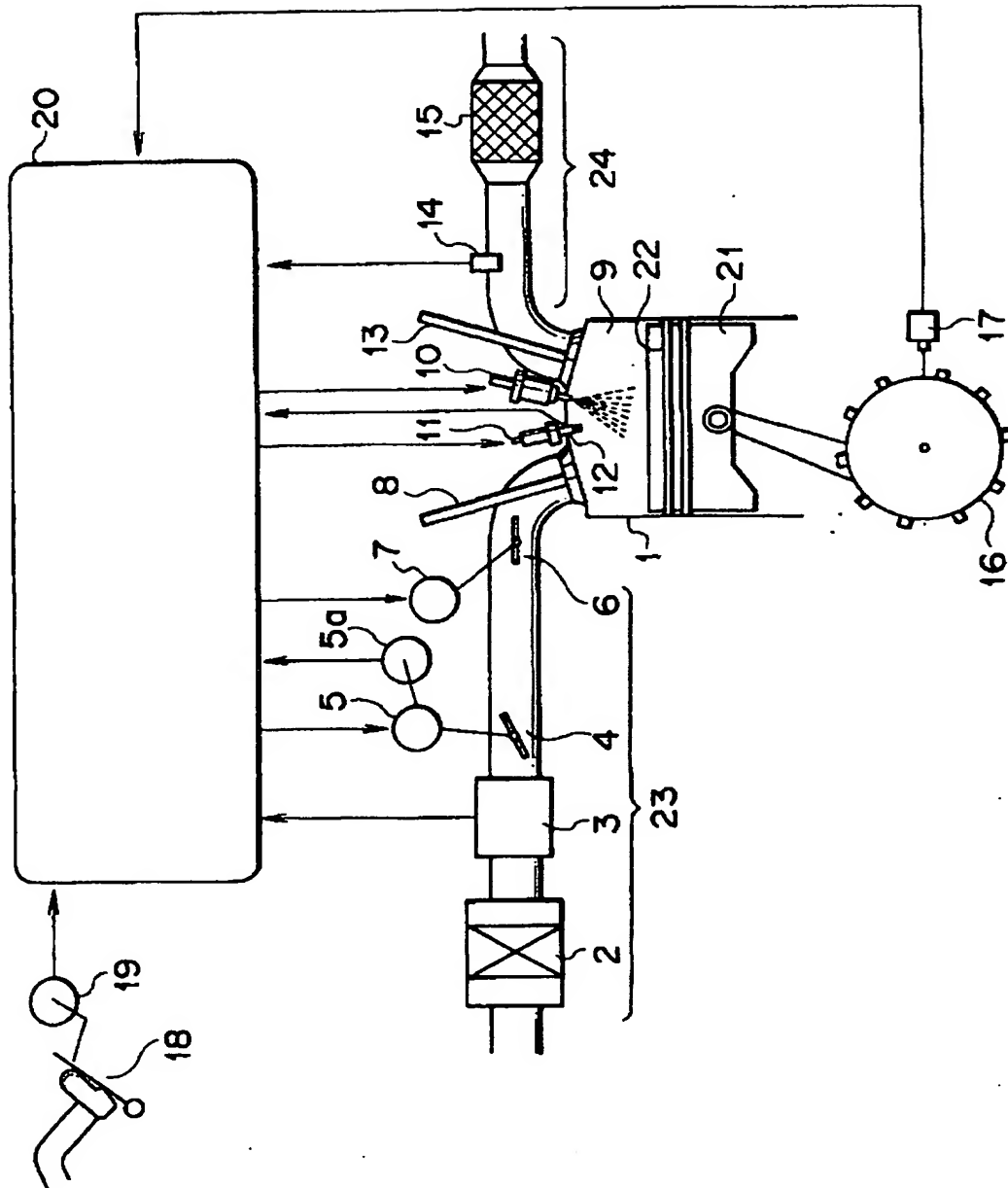


FIG. 2

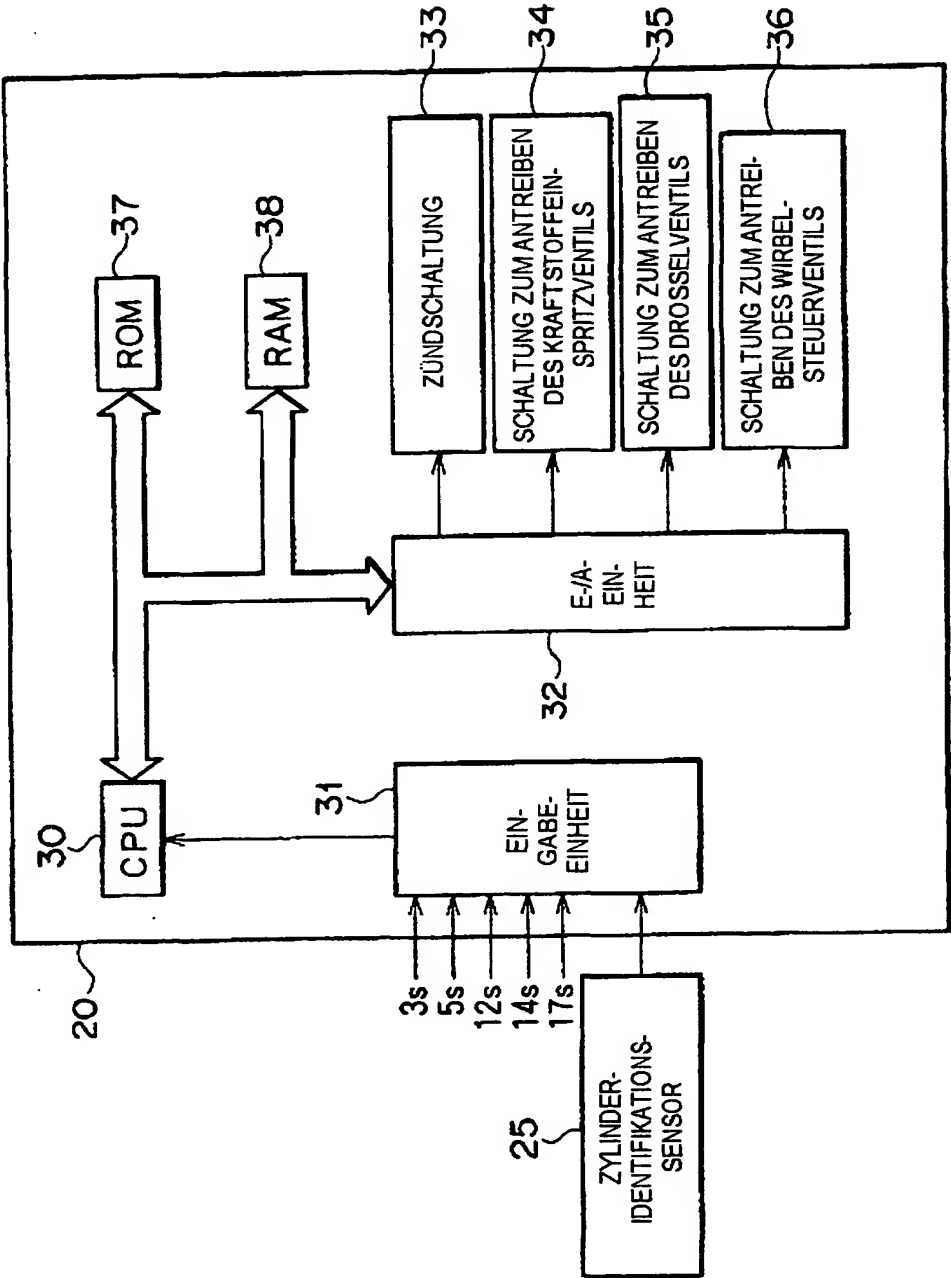


FIG. 3

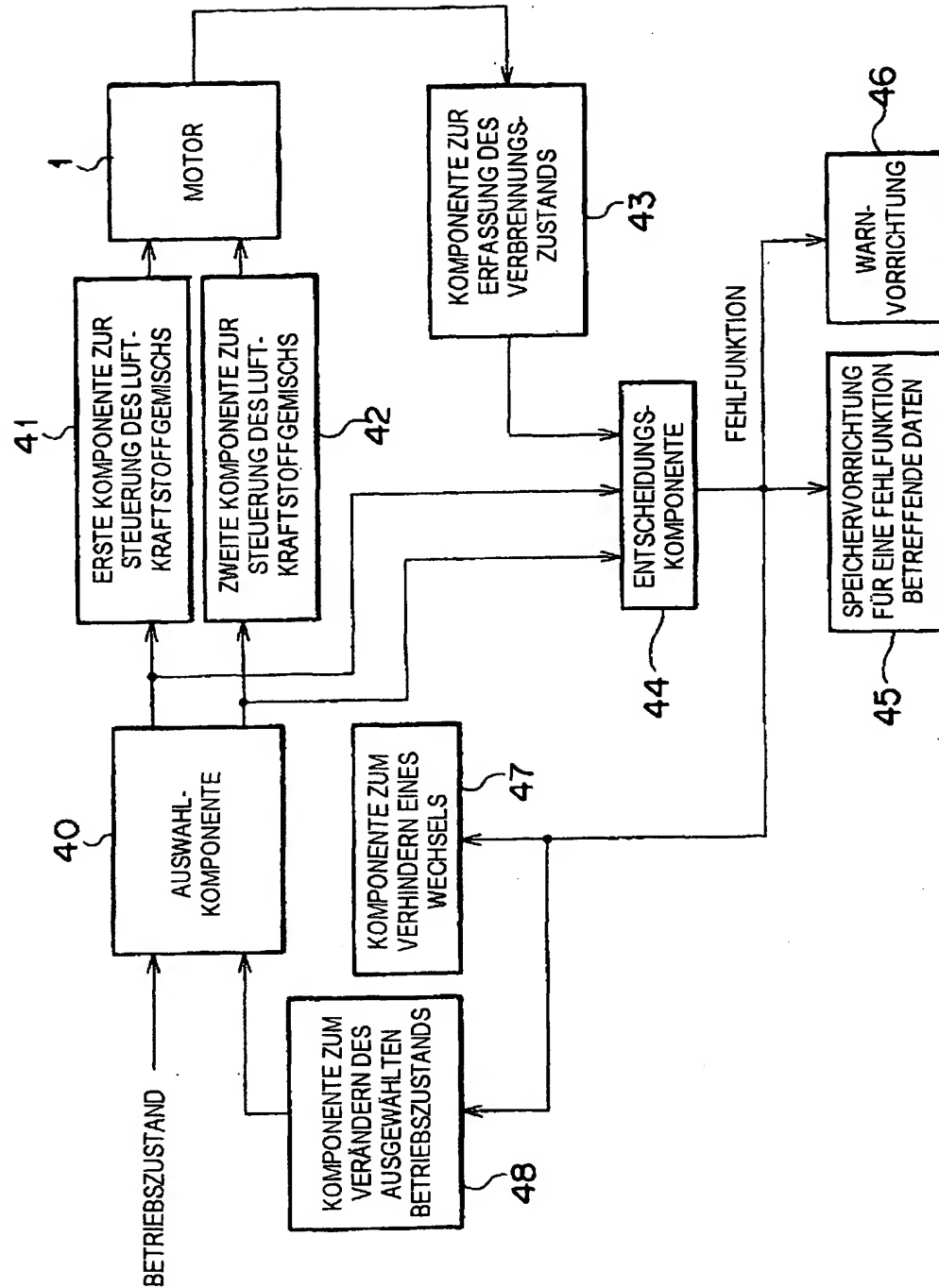


FIG. 4

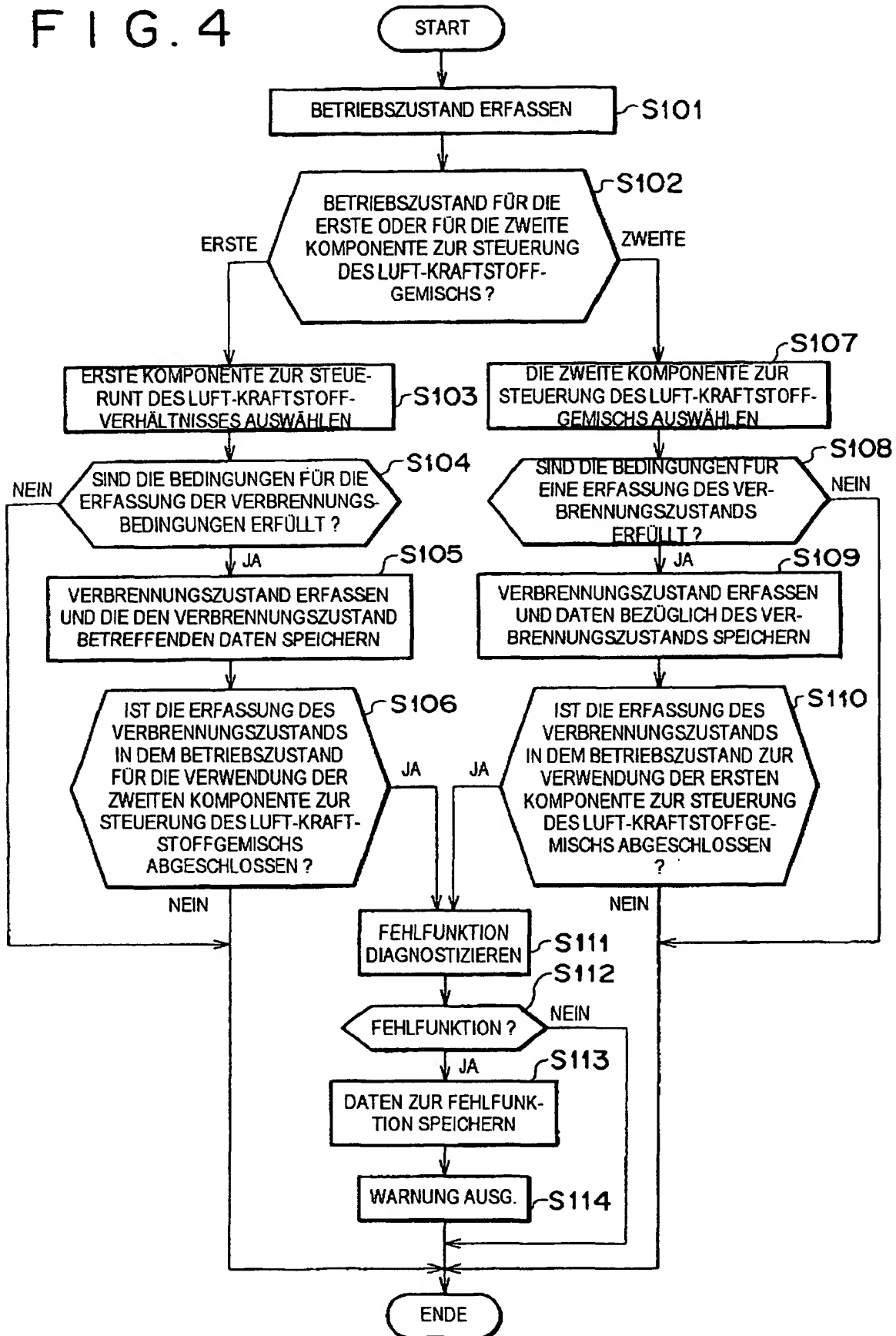


FIG. 5

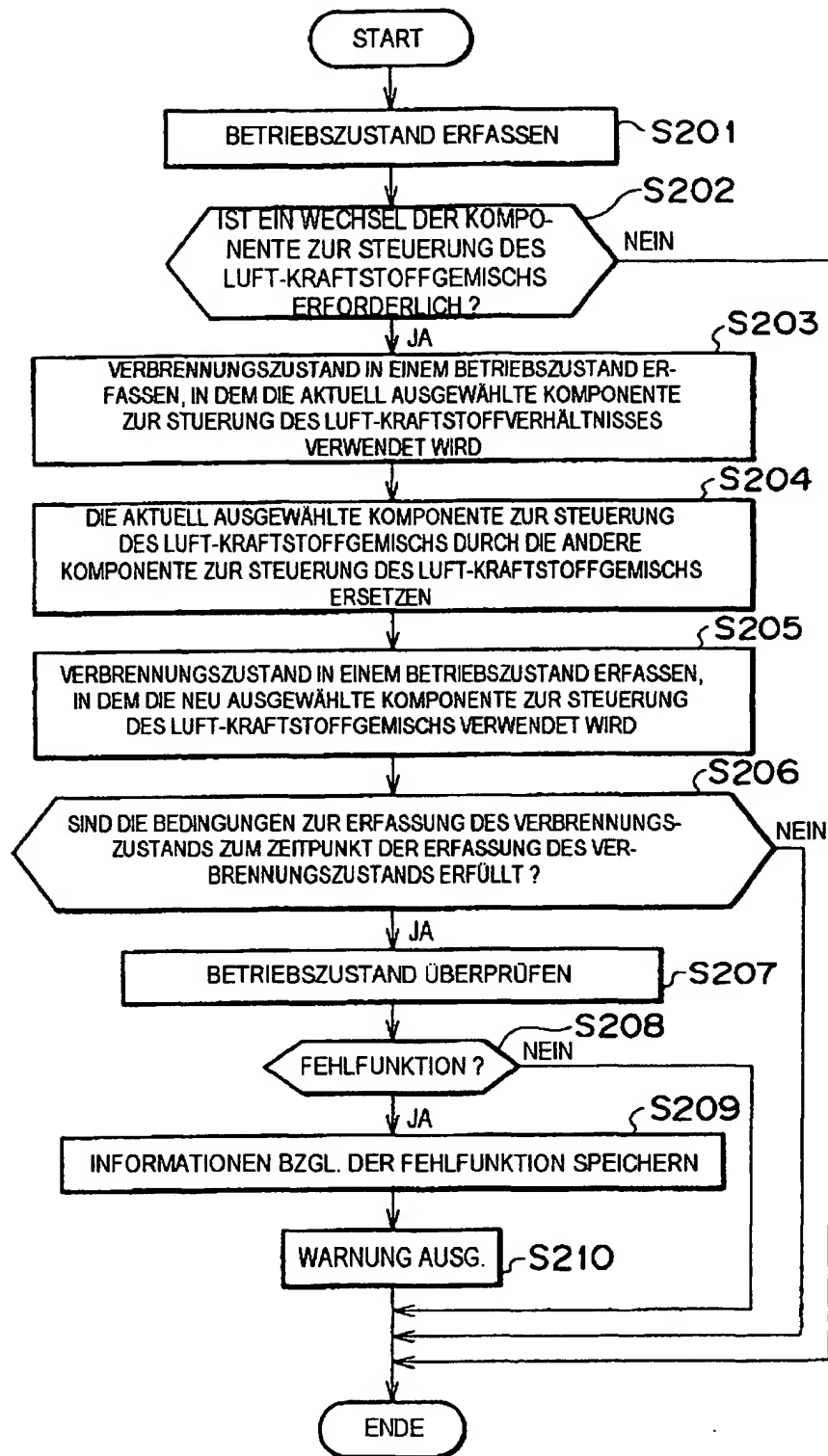


FIG. 6

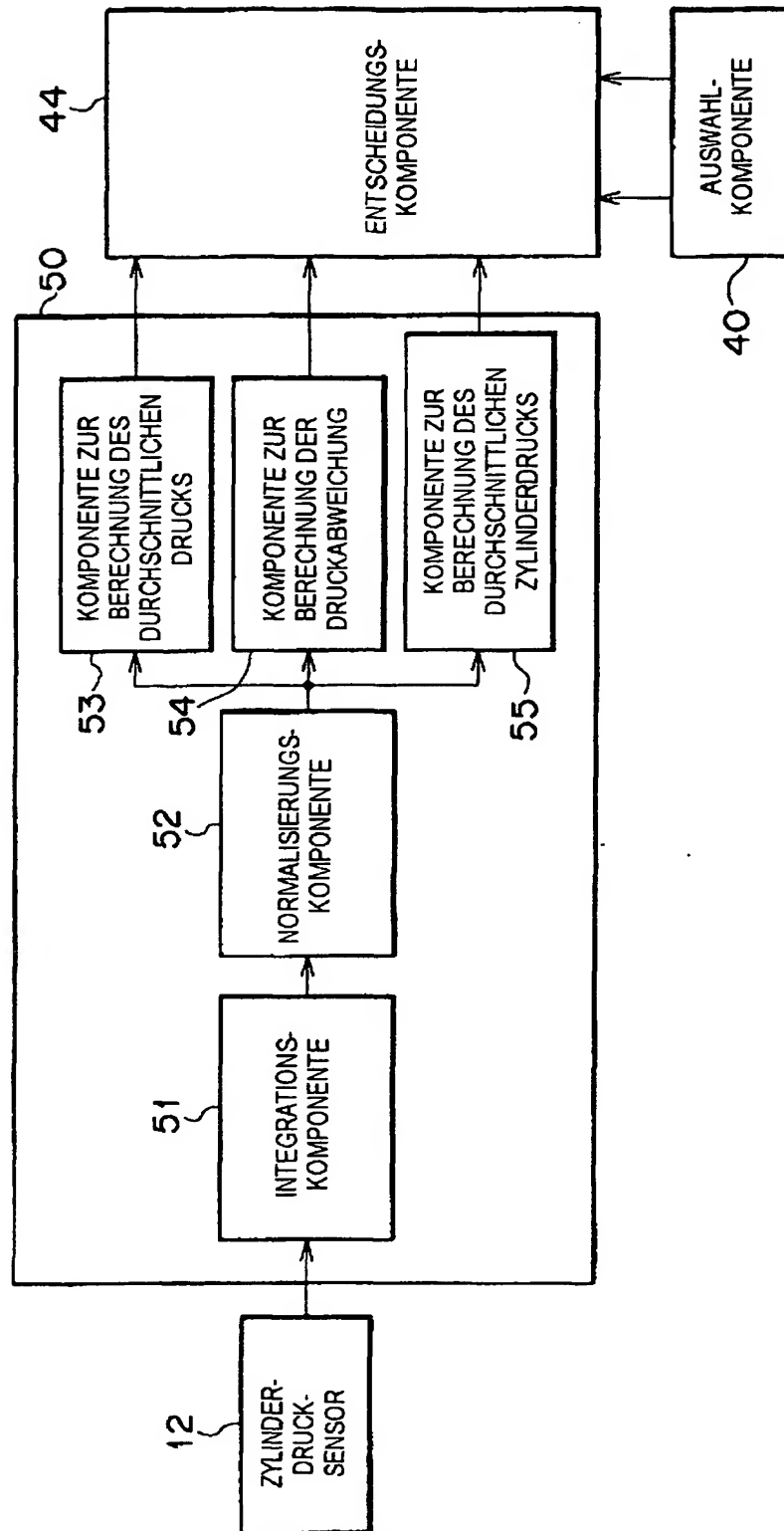


FIG. 7

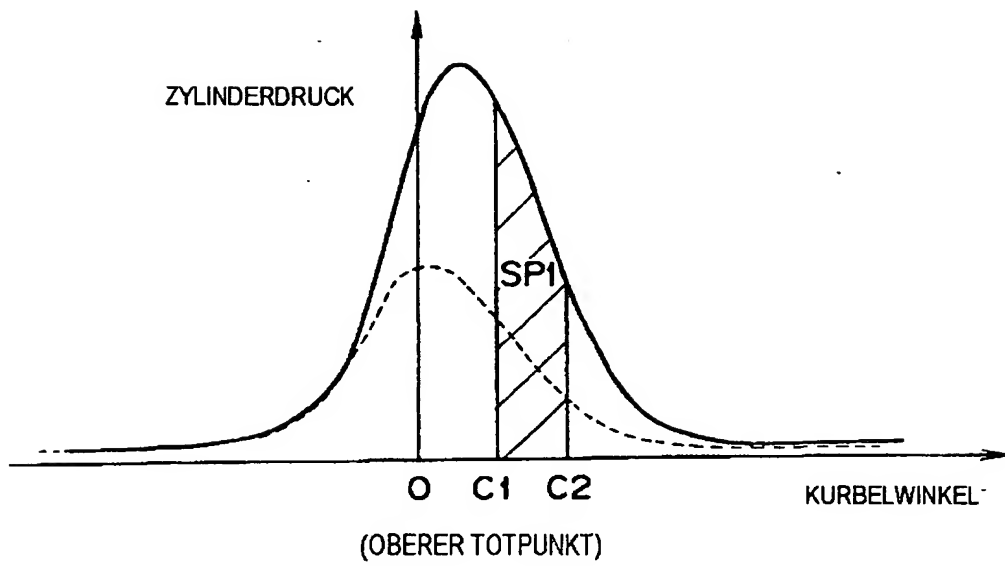


FIG. 8

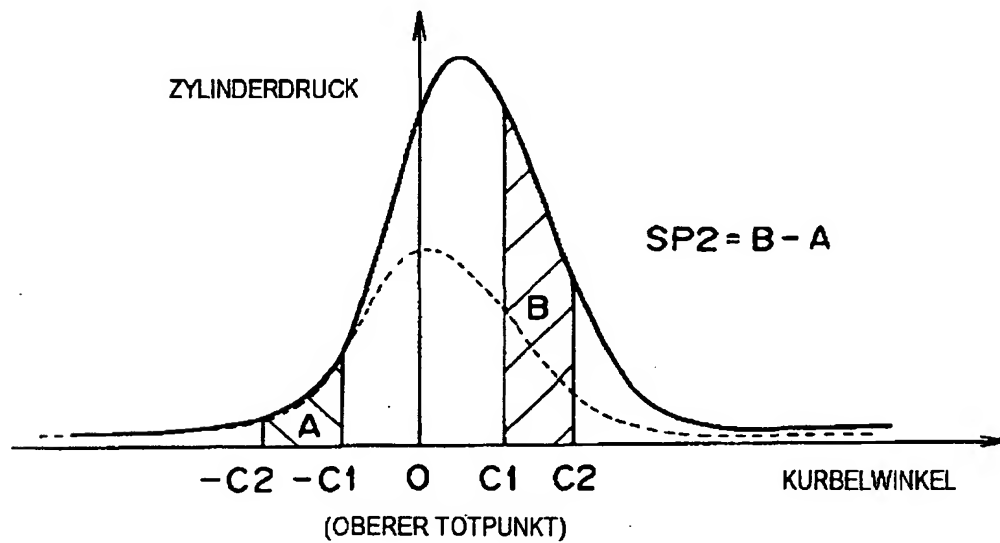
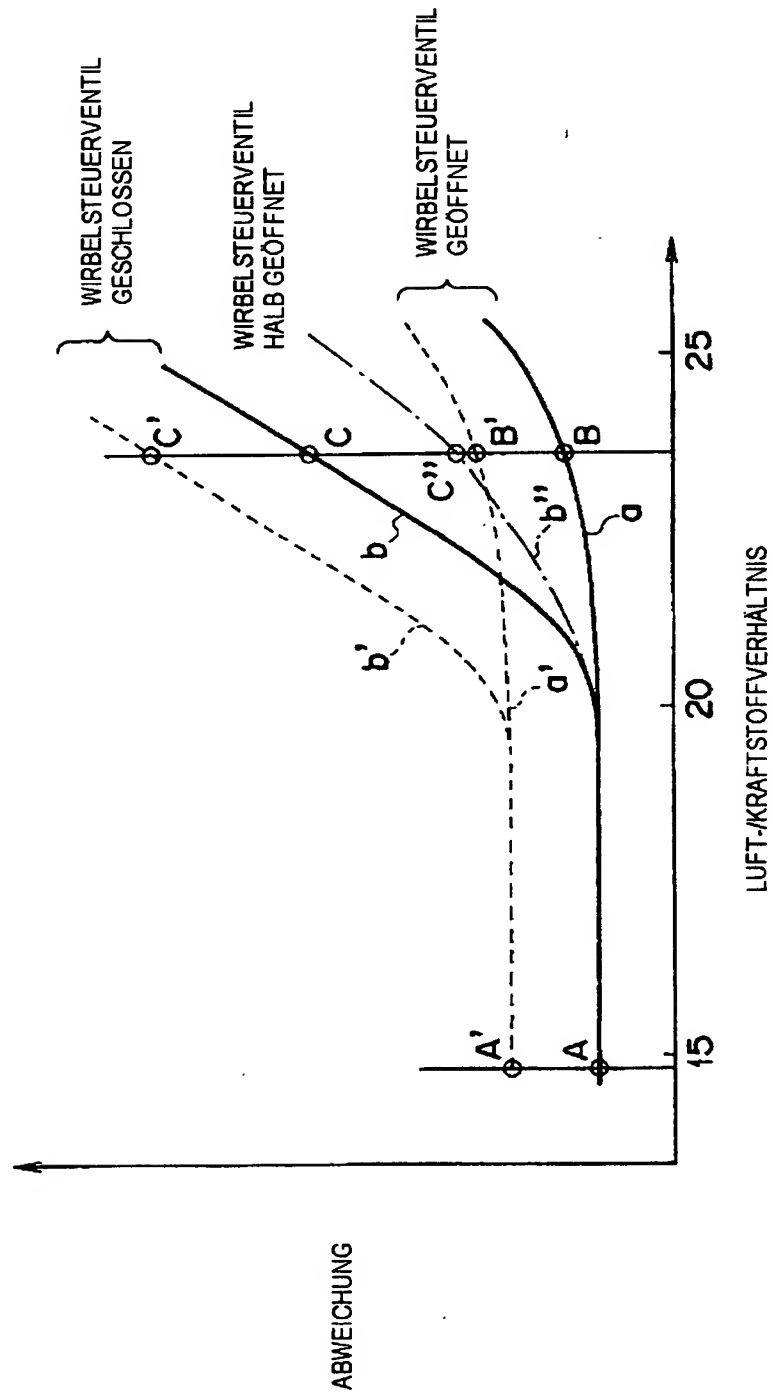


FIG. 9



F1G.10

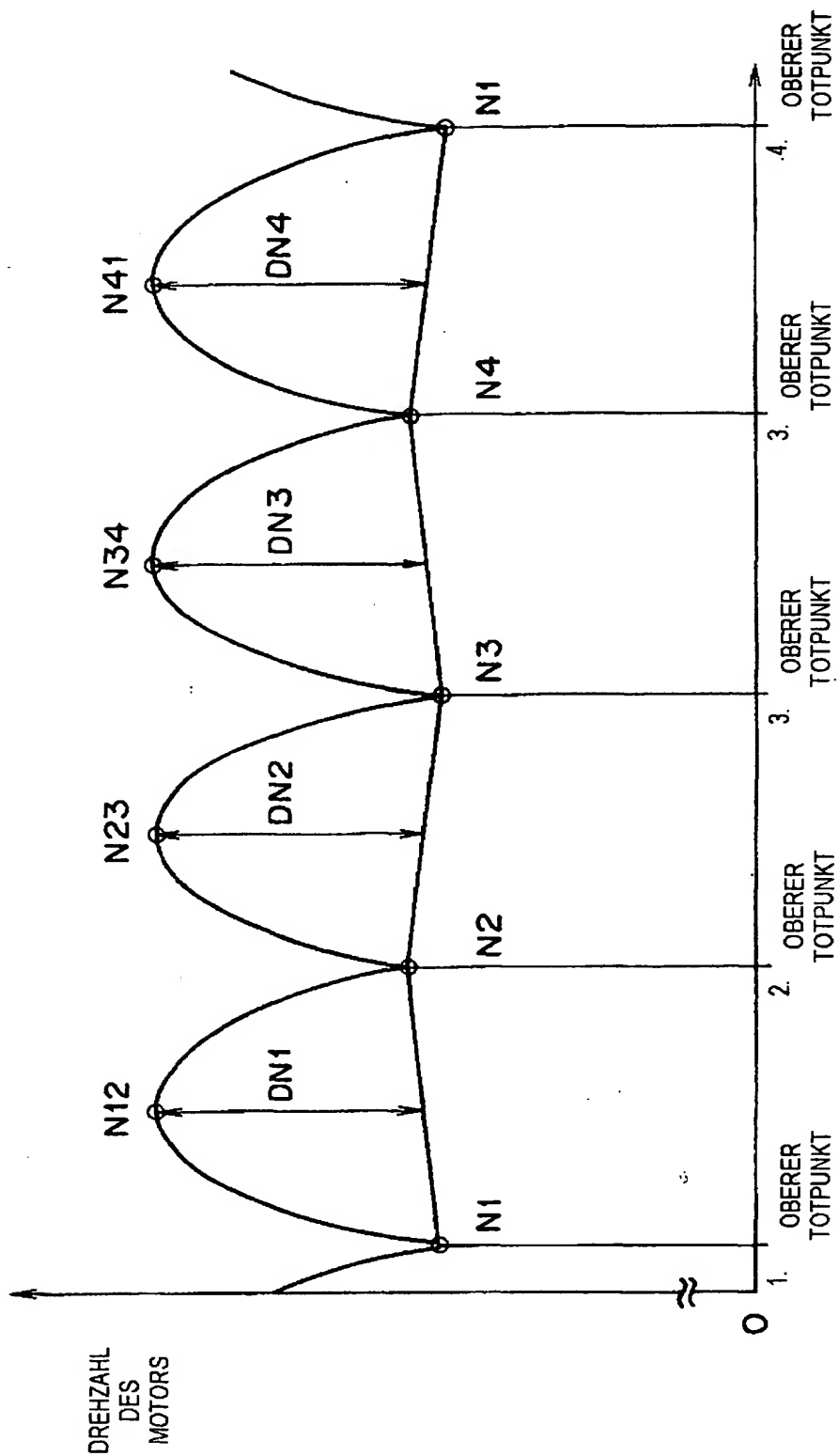


FIG. 11

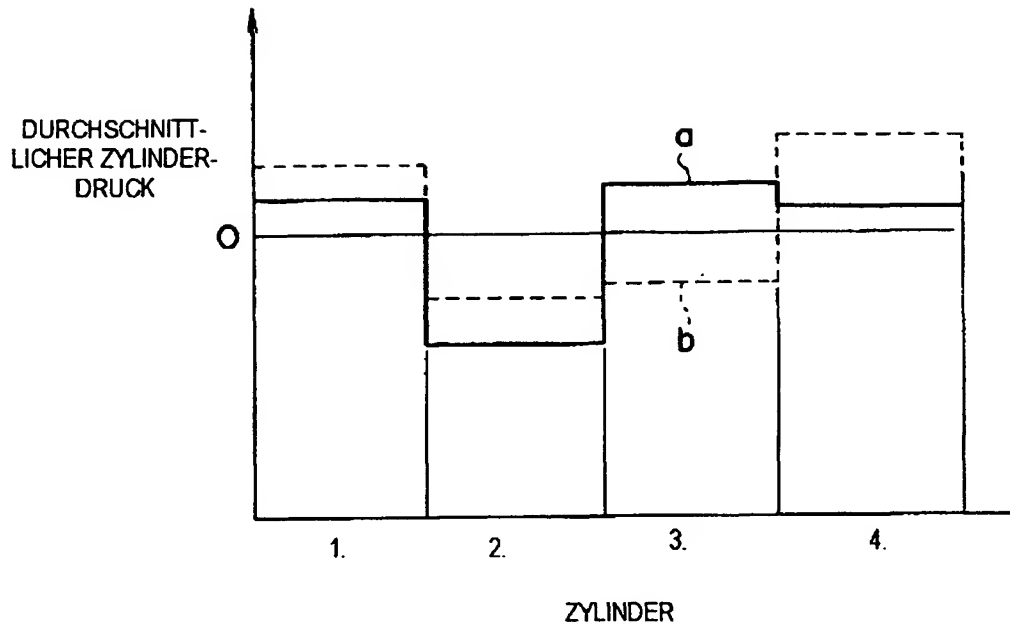
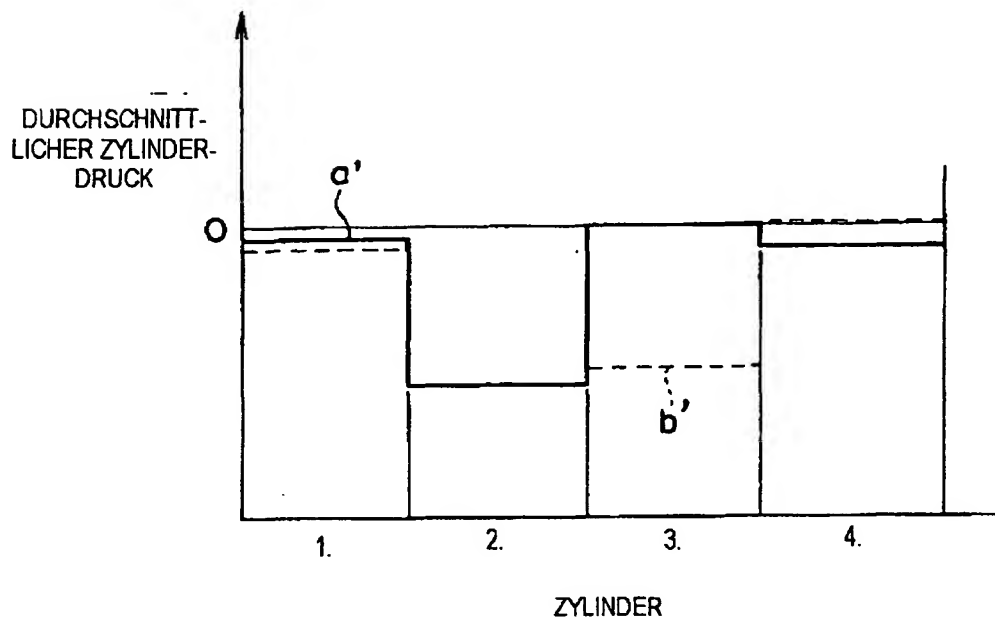


FIG. 12



Docket # S3-03 P 04867
Applic. # 10/ 567, 627
Applicant: Aspelmayr, et al.

Lerner Greenberg Steiner LLP
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

002 019/673